

DERWENT-ACC-NO: 1999-431137
DERWENT-WEEK: 200203
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Structured axially extensible external electrode is applied
onto a
stacked solid state actuator

INVENTOR: BINDIG, R; GUENTHER, A

PATENT-ASSIGNEE: CERAMTEC INNOVATIVE CERAMIC ENG
AG[CERAN]

PRIORITY-DATA: 1997DE-1053930 (December 5, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
JP 2001526465	December 18, 2001	N/A	018
H01L 041/22			
W	June 10, 1999	N/A	008
041/22			
DE 19753930 A1	June 17, 1999	G	000
041/083			
WO 9930374 A1	September 20, 2000	G	000
H01L 041/083			
EP 1036419 A1			

DESIGNATED-STATES: JP US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB
GR IE IT LU MC NL PT SE C
H DE FR GB IT LI

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		

JP2001526465W	N/A	1998WO-EP07899	
December 4, 1998			
JP2001526465W	N/A	2000JP-0524828	
December 4, 1998			
JP2001526465W	Based on	WO 9930374	N/A
DE 19753930A1	N/A	1997DE-1053930	
December 5, 1997			
WO 9930374A1	N/A	1998WO-EP07899	
December 4, 1998			
EP 1036419A1	N/A	1998EP-0965233	
December 4, 1998			
EP 1036419A1	N/A	1998WO-EP07899	
December 4, 1998			
EP 1036419A1	Based on	WO 9930374	N/A

INT-CL_(IPC): H01L041/083; H01L041/09 ; H01L041/22 ;
H02N002/02

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19753930A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - An external electrode (5) is applied to a stacked solid state actuator (1) by pressing a three-dimensional axially extensible electrically conductive structure (5) onto a base metallization (2) which connects internal electrodes (14) electrically in parallel.

DETAILED DESCRIPTION - External electrodes (5) are applied to stacked solid state actuators (1) comprising electromechanically active layers with interposed internal metallic electrodes (14), which extend alternately to opposite sides and which are electrically connected in parallel by a base metallization (2) connected to an external electrode (5).

The novelty is that the external electrode (5) is a three-dimensional electrically conductive structure which is extensible in the actuator

axis
direction and is pressed onto the basic metallization to produce
electrical
contact at contact points to the basic metallization.

Preferred Features:

The external electrode is pressed onto the base metallization (2) by a temperature resistant shrink foil (10) optionally provided with a fusible lining (11) which melts at below the shrinkage temperature.

A pressure piece (6) is provided between the shrink foil (10) and the external electrode (5) for increasing the radial force of the foil (10) and consists of a metal netting or fabric or a temperature resistant polymer.

The contact faces of the base metallization (2) and the external electrode (5) consist of a heat resistant metal such as hard gold, fine gold, tin, silver, palladium, palladium/nickel or a fine gold covered nickel layer.

The actuator has a foot piece (7) and a head piece which are of cylindrical shape with a circumferential groove (12) for seating of the shrink foil (10) and which consist of steel or a material with a thermal expansion coefficient matching that of the actuator ceramic.

The foot piece (7) has two electrical lead openings (8) insulated with glass, ceramic or heat resistant polymer. The finished shrink foil covered actuator (1) is coated with a conductive metal layer, e.g. by sputtering, and then with a thermally stable polymer.

USE - As an e.g. piezoceramic or electrostrictive actuator.

ADVANTAGE - Use of a structured external electrode (e.g. a corrugated metal foil) and the preferred shrink foil provides improved external electrode attachment, electrical insulation, mechanical protection and moisture impermeability so that the actuator can be used under high dynamic loads at up to 200 deg. C, has a wider range of applications and has a longer service life.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross-sectional view of the foot region of an actuator according to the invention.

Monolithic actuator stack 1

Base metallization 2

External electrode 5

Pressure piece 6

Foot piece 7

Lead openings 8

Shrink foil 10

FEP inner coating 11

Groove 12

Internal electrodes 14

CHOSIEN-DRAWING: Dwg.2c/4

TITLE-TERMS:

STRUCTURE AXIS EXTEND EXTERNAL ELECTRODE APPLY
STACK SOLID STATE ACTUATE

DERWENT-CLASS: A14 A85 L03 V06

CPI-CODES: A12-E14; L03-D04D;

EPI-CODES: V06-M06D; V06-M06D1;

ENHANCED-POLYMER-INDEXING:

Polymer Index [1.1]

018 ; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F* 7A ;

H0000

; P0511

Polymer Index [1.2]

018 ; G0759 G0022 D01 D11 D10 D12 D51 D53 D59 D69 F34 F*

7A ; H0000

Polymer Index [1.3]

018 ; ND01 ; K9416 ; K9676*R ; Q9999 Q7409 Q7330 ; Q9999

Q9392 Q7330

Polymer Index [1.4]

018 ; B9999 B4682 B4568

Polymer Index [2.1]

018 ; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F* 7A ;

H0000

; S9999 S1296 S1285 ; P0511

Polymer Index [2.2]

018 ; R00975 G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D82 F* 7A ;

R00976

G0022 D01 D12 D10 D51 D53 D59 D69 D83 F* 7A ; S9999

S1285*R ; H0022

H0011 ; P0544

Polymer Index [2.3]

018 ; ND01 ; K9416 ; K9676*R ; Q9999 Q7409 Q7330 ; Q9999

Q9392 Q7330

Polymer Index [2.4]

018 ; B9999 B5550 B5505 ; N9999 N7103*R N7034 N7023 ;
B9999 B5425

B5414 B5403 B5276 ; B9999 B4682 B4568

Polymer Index [3.1]

018 ; P0000

Polymer Index [3.2]

018 ; ND01 ; K9416 ; K9676*R ; Q9999 Q7409 Q7330 ; Q9999
Q9392 Q7330

Polymer Index [3.3]

018 ; K9552 K9483 ; K9712 K9676 ; B9999 B4682 B4568

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1999-127237

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1999-320869



(51) Internationale Patentklassifikation 6 : H01L 41/083, 41/22	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/30374 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. Juni 1999 (17.06.99)
--	-----------	--

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/07899
(22) Internationales Anmeldedatum: 4. Dezember 1998 (04.12.98)
(30) Prioritätsdaten:
 197 53 930.0 5. Dezember 1997 (05.12.97) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CER-AMTEC AG INNOVATIVE CERAMIC ENGINEERING [DE/DE]; Fabrikstrasse 23 - 29, D-73207 Plochingen (DE).
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BINDIG, Reiner [DE/DE]; Hinterlehen 20, D-95463 Bindlach (DE). GÜNTHER, Andreas [DE/DE]; Kelttenring 15, D-91233 Spelkern (DE).
(74) Anwälte: SCHERZBERG, Andreas usw.; Dynamit Nobel Aktiengesellschaft, Patentabteilung, D-53839 Troisdorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

*Mit internationalem Recherchenbericht.
 Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.*

(54) Title: METHOD FOR MOUNTING EXTERNAL ELECTRODES ON SEMICONDUCTOR ACTUATORS

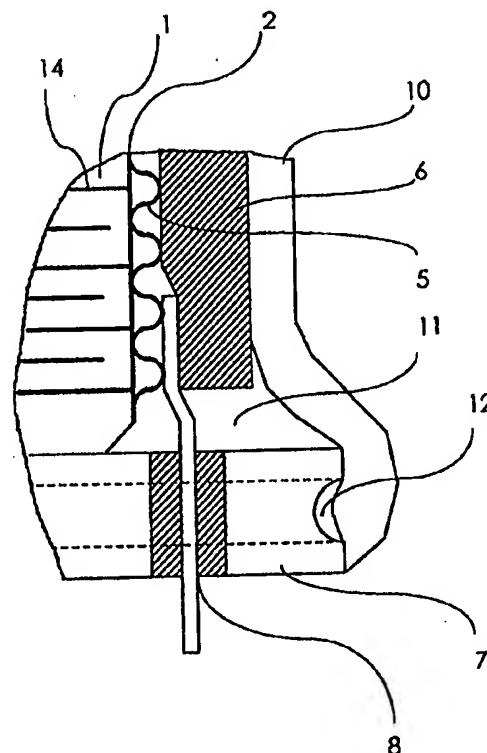
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ANBRINGUNG VON AUSSENELEKTRODEN AN FESTKÖRPERAKTOREN

(57) Abstract

The invention relates to a method for mounting external electrodes (5) on stacked semiconductor actuators (1) consisting of a plurality of thin layers of electromechanically active material with internal metal electrodes (14) which are placed in between and are alternately brought out or insulated. The internal electrodes which protrude above a metallic base coating (2) are electrically connected in parallel and are linked to an external electrode (5). In order to extend the field of application and to increase service life, a three-dimensional electrically conductive structure is used as an external electrode (5). Said structure can be extended in the direction of the actuator axis and the external electrode (5) is pressed against the metallic base coating in order to produce an electrical contact.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden (5) und gestapelten Festkörperaktoren (1), die aus einer Vielzahl dünner Schichten elektromechanisch aktiven Materials mit dazwischen eingebrachten, wechselseitig herausgeführten oder wechselseitig isolierten, metallischen Innenelektroden (14) bestehen, wobei die wechselseitig heraustretenden Innenelektroden (14) über eine Grundmetallisierung (2) elektrisch parallel geschaltet sind und mit einer Außenelektrode (5) verbunden sind. Zur Vergrößerung des Einsatzbereiches und Verlängerung der Lebensdauer wird vorgeschlagen, daß als Außenelektrode (5) eine dreidimensional geformte, elektrisch leitfähige Struktur verwendet wird, die in Richtung der Aktorachse dehnbar ist und die Außenelektrode (5) an die Grundmetallisierung angepreßt wird, um den elektrischen Kontakt über partielle Kontaktstellen zur Grundmetallisierung herzustellen.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NI	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden an Festkörperaktoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden an Festkörperaktoren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

- 5 Festkörperaktoren bestehen in der Regel aus gestapelten dünnen Schichten aktiven Materials (z. B. Piezokeramik, elektrostriktiven Materialien) mit jeweils dazwischen angeordneten leitfähigen Innenelektroden. Außenelektroden verbinden diese Innenelektroden abwechselnd. Dadurch werden die Innenelektroden elektrisch parallel geschaltet und zu zwei Gruppen zusammengefaßt, die die beiden
- 10 Anschlußpole des Aktors darstellen. Legt man eine elektrische Spannung an die Anschlußpole, so wird diese auf alle Innenelektroden parallel übertragen und verursacht ein elektrisches Feld in allen Schichten aktiven Materials, das sich dadurch mechanisch verformt. Die Summe aller dieser mechanischen Verformungen steht an den Endflächen des Aktors als nutzbare Dehnung und/oder
- 15 Kraft zur Verfügung.

Die Außenelektroden und deren Fügestellen werden bei vielen Anwendungsfällen durch die fließenden Pulsströme (bis ca. 80 A), die Dehnungsbewegungen (bis ca. 2 ‰) und die Verlustwärme des Aktors (bis 200 °C) sehr hohen elektrischen, mechanischen und thermischen Belastungen ausgesetzt.

- 20 Festkörperaktoren werden nach dem Stand der Technik meist als Monolithen ausgeführt, d. h. das aktive Material wird als Folie vor dem Sintern mit Innenelektroden versehen, zu Aktorstapeln verpreßt und dann gesintert, wodurch der monolithische Aktor entsteht. Je nach Fertigungsverfahren treten die Innenelektroden von vorne herein wechselseitig aus dem Monolithen aus, oder aber alle Innenelektroden treten aus dem Monolithen aus und müssen dann wechselweise
- 25 isoliert werden.

Die Aktoren können auch aus einzelnen, fertig gesinterten und mit Innenelektroden versehenen Scheiben gestapelt werden. Auch hier müssen die Innenelektroden wechselseitig aus dem Stapel herausgeführt werden.

- 30 Der gattungsgemäße Stand der Technik wird nachfolgend anhand der Figur 1 beschrieben.

Auf den Aktorstapel 1 wird im Bereich der herausgeführten Innenelektroden 14 z. B. durch Sputtern, galvanische Verfahren, Siebdruck von Silberpaste, eine Grundmetallisierung 2 aufgebracht. Diese Grundmetallisierung 2 wird verstärkt durch Aufbringen eines metallischen Werkstoffes 3 z. B. durch weitere Siebdruckschritte, Tauchbeschichten, Beloten oder Anlöten eines Bleches. An diese verstärkte Schicht wird der elektrische Anschlußdraht 4 gelötet.

Der Aufbau und die Herstellung derartiger Aktoren und Außenelektroden wird ausführlich beschrieben z. B. in DE 33 30538 A1, DE 40 36 287 C2, US 5 281 885, US 4 845 399, US 5 406 164 und JP 07-226541 A.

- 10 Alle derartigen Außenelektroden und deren Fügestellen neigen unter der andauernden elektrischen, mechanischen und thermischen Belastung, die durch den Aktor verursacht wird zur Materialermüdung. In der Regel setzt bereits nach wenigen 10^7 Belastungszyklen deutlich Rißbildung in den Außenelektroden ein. Die Bauteile versagen meist durch Lichtbogenbildung an diesen Rissen oder durch
- 15 ablösende Lötverbindungen. Die Betriebstemperatur wird durch Lötverbindungen auf ca. 120 °C begrenzt. Höher schmelzende Weichlote (Au/Sn) sind teuer oder haben eine zu geringe Grundfestigkeit (Pb). Hartlot- oder Schweißverbindungen direkt am Aktor kommen aufgrund der empfindlichen aktiven Aktorwerkstoffe nicht in Frage. Klebeverbindungen weisen eine zu geringe mechanische und
- 20 thermische Stabilität auf.

Die Problematik der Materialermüdung der Außenelektroden kann durch Verwendung von dreidimensional strukturierten, in Richtung der Aktorachse dehnbaren Elektroden umgangen werden, jedoch müssen auch diese Elektroden mit der Grundmetallisierung verlötet werden. Diese Lötungen sind ihrerseits anfällig für

25 Ermüdungserscheinungen und begrenzen die Einsatztemperatur. Derartige Festkörperaktoren mit dehnbaren Elektroden sind beschrieben in der unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 196 48 545.2.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden an Festkörperaktoren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1

30 derart zu verbessern, daß der Einsatzbereich vergrößert und die Lebensdauer der Aktoren wesentlich verlängert ist.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß eine strukturierte Außenelektrode, z. B. eine gewellte Metallfolie (nach P 196 48 545.2), an die Grundmetallisierung gepreßt wird, um den elektrischen Kontakt herzustellen.

Als Anpreßmedium wird erfindungsgemäß ein PTFE (Polytetrafluorethylen) Schrumpfschlauch verwendet. Neben der Temperaturbeständigkeit bis 260 °C stellt der Schrumpfschlauch eine ausgezeichnete elektrische Isolation der Aktoroberflächen dar und bietet einen guten mechanischen Schutz für den stoß- und bruchempfindlichen Aktor.

Erfindungsgemäß kann auch ein PTFE Schrumpfschlauch mit FEP-Innenbeschichtung (Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer) verwendet werden. Neben der Temperaturbeständigkeit bis 205 °C, dem elektrischen und mechanischen Schutz, bietet diese Methode die Möglichkeit, die sehr feuchtigkeitsempfindlichen Aktoren hermetisch zu verkapseln.

Nachfolgend wird beispielhaft das erfindungsgemäße Verfahren anhand der Figuren 2a, 2b, 2c beschrieben.

Der monolithisch ausgeführte Aktorstapel 1 wird beidseitig mit einer Grundmetallisierung 2 versehen (siehe Fig. 2c). Diese kann aus jedem leitfähigen Material bestehen, das bis etwa 400 °C thermisch belastbar ist, vorzugsweise wird aber eine galvanisch abgeschiedene Nickelschicht mit bondfähigem Feingoldüberzug verwendet.

Auf diese Grundmetallisierung 2 werden strukturierte Außenelektroden 5 aufgelegt. Diese können aus Drahtgeflecht, Drahtgewirk oder Metallschaum bestehen, vorzugsweise wird gewellte Metallfolie verwendet, die die gleiche galvanische Oberfläche wie die Grundmetallisierung aufweist.

Auf die strukturierten Außenelektroden 5 werden Druckstücke 6 aus thermisch beständigem, elastischen Material aufgelegt, vorzugsweise PTFE, Drahtgewirk oder Drahtgeflecht, die vorzugsweise als Zylinder oder Zylinderabschnitt ausgeformt sind.

Am Boden des Aktorstapels wird das zylindrisch geformte Fußstück 7 positioniert, das zwei isolierte elektrische Durchführungen 8 aufweist. Als Material für das Fußstück kommen gängige Metalle oder Keramikwerkstoffe in Frage, vorzugsweise aber Stahl oder im thermischen Ausdehnungsverhalten dem Aktor angepaßte Legierungen, wie FeNi42 und Aluminiumnitrid. Die durchgeführten Anschlüsse 8 weisen vorzugsweise die gleiche galvanische Oberfläche wie die Grundmetallisierung 2 auf und sind mit Glas, Keramik oder PTFE gegen das Fußstück isoliert. Ihre oberen Enden kommen jeweils auf eine der strukturierten Außenelektroden 5 zu liegen.

Das Fußstück 7 kann mit den an die durchgeführten Drähte 8 angeschweißten strukturierten Außenelektroden 5 und den Druckstücken 6 eine Montageeinheit bilden.

Am Kopf des Aktorstapels wird das zylindrisch geformte Kopfstück 9 positioniert.

- 5 Es besteht aus dem gleichen Material wie das Fußstück.

Kopf- und Fußstück weisen vorteilhafterweise rundumlaufende Nuten 12 auf um die Dichtwirkung des Schrumpfschlauches 10 zu verbessern.

- 10 Über die Anordnung wird ein passender handelsüblicher PTFE Schrumpfschlauch 10 geschoben, der eine unterhalb der Schrumpftemperatur schmelzbare FEP-Innenbeschichtung 11 aufweist. Die Anordnung wird nun auf die Schrumpftemperatur von etwa 350 °C gebracht, wobei der Schrumpfschlauch 10 radial und axial schrumpft und die Einzelkomponenten mit hoher Kraft verspannt. Die Innenbeschichtung 11 des Schrumpfschlauches 10 schmilzt und verbindet sich unlösbar und völlig dicht mit den Einzelkomponenten.

- 15 Als Ergebnis erhält man einen feuchtigkeitsgeschützten und stoßgeschützten Aktor, der für den Einsatz unter hochdynamischen Bedingungen bis 200 °C gut geeignet ist.

- 20 Das beschriebene Verfahren kann analog und besonders vorteilhaft für Aktoren eingesetzt werden, die aus einzelnen, fertig gesinterten Scheiben 13 gestapelt werden (Figuren 3a, 3b). Die Kraft der axialen Schrumpfung des Schrumpfschlauches macht dabei eine Verklebung der Scheiben untereinander überflüssig. Bei geeigneter Formung und Materialauswahl der Innenelektroden 14, vorzugsweise durch eine partiell 15 um die Kanten der Scheiben reichende galvanisch abgeschiedene Nickelschicht mit bondfähigem Feingoldüberzug, kann auf 25 eine Grundmetallisierung verzichtet werden.

Um die PTFE-Schicht völlig wasserdampfdurchlässig zu machen wird das Verfahren erfindungsgemäß wie folgt fortgesetzt:

- 30 Der fertig eingeschrumpfte Aktor wird, z. B. mittels Plasmaätzen und anschließendem Sputtern mit Ni/Cu rundum mit einer leitfähigen Metallschicht 16 überzogen, wodurch das vom Aktor ausgehende elektrische Feld abgeschirmt und die Diffusion von Wasserdampf blockiert wird (Figur 4). Anschließend wird der Aktor mit einem thermisch beständigem Polymer 17 umhüllt, z. B. durch abermaliges Einschrumpfen in einen dünnwandigen PTFE Schrumpfschlauch.

Als Ergebnis erhält man einen hermetisch dichten stoßgeschützten Aktor der für den Einsatz unter hochdynamischen Bedingungen bis 200 °C gut geeignet ist.

Nachfolgend werden die Figuren nochmals der Reihe nach beschrieben.

5 Figur 1 zeigt als Beispiel einen Festkörperaktor nach dem Stand der Technik, wobei der monolithische Aktorstapel 1 mit wechselseitig herausgeführten Innenelektroden 14 beidseitig mit einer Grundmetallisierung 2 beschichtet ist, die wiederum mit Lot 3 verstärkt ist. An das Lot 3 sind die elektrischen Anschlüsse 4 gelötet. Die gesamte Anordnung ist mit einem handelsüblichen Schutzlack überzogen.

10 Figur 2a zeigt als Beispiel einen vertikalen mittigen Schnitt durch einen erfindungsgemäß montierten Festkörperaktor, wobei der monolithische Aktorstapel 1 mit wechselseitig herausgeführten Innenelektroden 14 beidseitig mit einer Grundmetallisierung 2 beschichtet ist, an die mittels des PTFE-Schrumpfschlauches 10 und den Druckstücken 6 die hier nur angedeutete
15 strukturierte Außenelektrode 5 (gewellte Metallfolie) angepreßt wird. Die FEP-Innenbeschichtung 11 des Schrumpfschlauches ist geschmolzen und füllt alle verbliebenen Hohlräume. Das Fußstück 7 mit den elektrisch isolierten Durchführungen 8 und das Kopfstück 9 spannen den Aktor 1 axial und dichten mit den Nuten 12 gegen Umgebungsfeuchtigkeit ab.

20 Figur 2b zeigt einen horizontalen mittigen Schnitt durch den gleichen Aktor, wobei gleiche Zahlen die gleichen Gegenstände bezeichnen.

Figur 2c zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus dem Fußbereich der Figur 2a, wobei gleiche Zahlen wiederum die gleichen Gegenstände bezeichnen.

25 Figur 3a zeigt als Beispiel einen vertikalen mittigen Schnitt durch einen erfindungsgemäß montierten Festkörperaktor, wobei der Aktorstapel 1 aus einzeln gesinterten Scheiben 13 besteht, deren Flächen galvanisch mit einer Ni/Au-Schicht 14 überzogen sind, die an einer Stelle der Scheibe 15 um deren Rand herumgezogen ist. Mittels des PTFE-Schrumpfschlauches 10 wird die als Zylinderabschnitt geformte, strukturierte Außenelektrode 5 (Drahtgewirk) angepreßt.
30 Die FEP-Innenbeschichtung 11 des Schrumpfschlauches ist geschmolzen und füllt alle verbliebenen Hohlräume. Das Fußstück 7 mit den elektrisch isolierten Durchführungen 8 und das Kopfstück 9 spannen den Aktor 1 axial und dichten mit den Nuten 12 gegen Umgebungsfeuchtigkeit ab.

Figur 3b zeigt einen horizontalen mittigen Schnitt durch den gleichen Aktor, wobei gleiche Zahlen die gleichen Gegenstände bezeichnen.

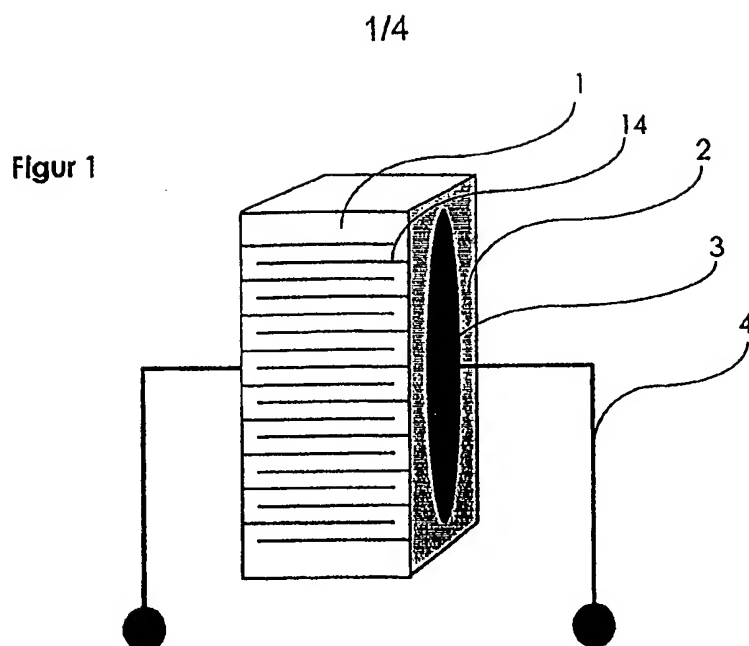
- Figur 4 zeigt als Beispiel einen vertikalen mittigen Schnitt durch einen erfindungsgemäß montierten Festkörperaktor entsprechend der Beschreibung unter
- 5 Figur 2a. Die zusätzliche allseitige metallische Beschichtung 16 verhindert Wasserdampfdiffusion und wird ihrerseits durch den dünnwandigen PTFE-Schrumpfschlauch 17 mechanisch geschützt.

Ansprüche

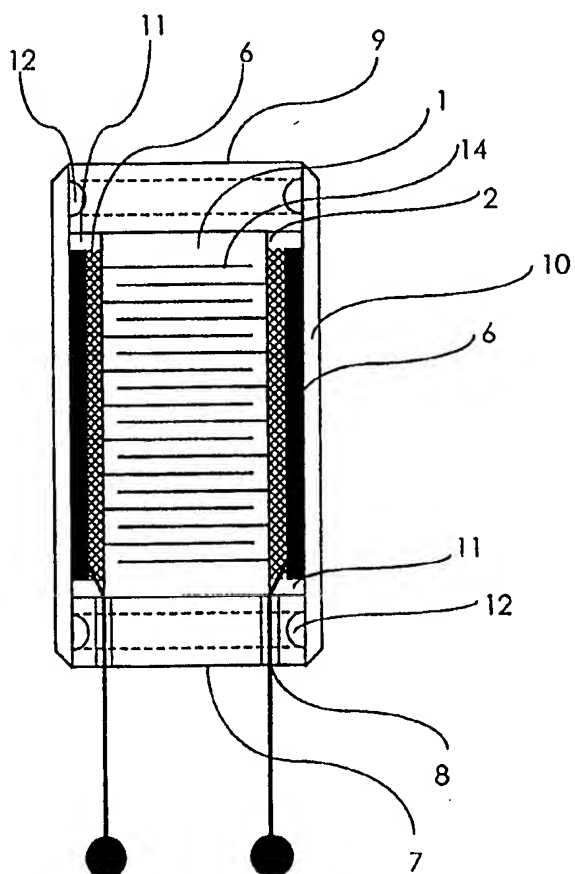
- 1) Verfahren zur Anbringung von Außenelektroden (5) an gestapelten Festkörperaktoren (1), die aus einer Vielzahl dünner Schichten elektromechanisch aktiven Materials mit dazwischen eingebrachten, wechselseitig herausgeführten oder wechselseitig isolierten, metallischen Innenelektroden (14) bestehen, wobei die wechselseitig heraustretenden Innenelektroden (14) über eine Grundmetallisierung (2) elektrisch parallel geschaltet sind und mit einer Außenelektrode (5) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Außenelektrode (5) eine dreidimensional geformte, elektrisch leitfähige Struktur verwendet wird, die in Richtung der Aktorachse dehnbar ist und die Außenelektrode (5) an die Grundmetallisierung angepreßt wird, um den elektrischen Kontakt über partielle Kontaktstellen zur Grundmetallisierung herzustellen.
- 2) Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Außenelektrode (5) durch einen temperaturfesten Schrumpfschlauch (10) an die Grundmetallisierung (2) gepreßt wird.
- 3) Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schrumpfschlauch (10) aus PTFE (Polytetrafluorethylen) besteht.
- 4) Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schrumpfschlauch (10) eine schmelzbare Auskleidung (11) aufweist, die unterhalb der Schrumpftemperatur des Schrumpfschlauches (10) schmilzt.
- 5) Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als schmelzbare Auskleidung (11) FEP (Tetrafluorethylen-Hexafluorpropylen-Copolymer) verwendet wird.
- 6) Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß Druckstücke (6) zwischen dem Schrumpfschlauch (10) und der Außenelektrode (5) angeordnet werden, um die radiale Kraft des Schrumpfschlauches (10) zu verstärken.
- 7) Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckstücke (6) als Zylinder oder Zylinderabschnitt ausgeformt sind.
- 8) Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Material für die Druckstücke (6) ein in Richtung der Aktorachse dehnbares

Metallgeflecht oder -gewirk oder ein temperaturfestes Polymer wie z. B. PTFE oder PFA (Perfluoralkoxy-Polymer) eingesetzt wird.

- 5 9) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kontaktflächen von Grundmetallisierung (2) und Außenelektrode (5) aus einem thermisch beständigen Kontaktmetall wie z. B. Hartgold, Feingold, Zinn, Silber, Palladium oder Palladium/Nickel bestehen.
- 10) Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kontaktflächen von Grundmetallisierung (2) und Außenelektrode (5) aus einer mit bondfähigem Feingold überzogenen Nickelschicht bestehen.
- 10 11) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Festkörperaktor von einem Fußstück (7) und einem Kopfstück (9) abgeschlossen wird, wobei das Fußstück (7) zwei elektrische Durchführungen (8) aufweist, die mit Glas, Keramik oder einem thermisch beständigen Polymer isoliert sind.
- 15 12) Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß Kopfstück (9) und Fußstück (7) zylindrisch ausgebildet sind und umlaufende Nuten (12) zur Verankerung mit dem Schrumpfschlauch (10) aufweisen.
- 20 13) Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß Kopfstück (9) und Fußstück (7) aus Stahl oder einem im thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Aktorkeramik angepaßten Ausdehnungswerkstoff wie z. B. FeNi42 oder Aluminiumnitrid bestehen.
- 14) Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das fertig eingeschrumpfte Bauteil bzw. der Festkörperaktor (1) mit einer leitfähigen Metallschicht (16) überzogen wird, z. B. durch Sputtern.
- 25 15) Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Bauteil bzw. der Festkörperaktor (1) mit einem thermisch stabilen Polymer (17) überzogen wird, z. B. durch abermaliges Einschrumpfen mit einem PTFE Schrumpfschlauch.

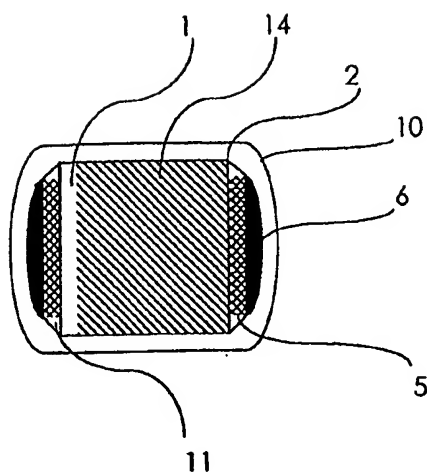


Figur 2a

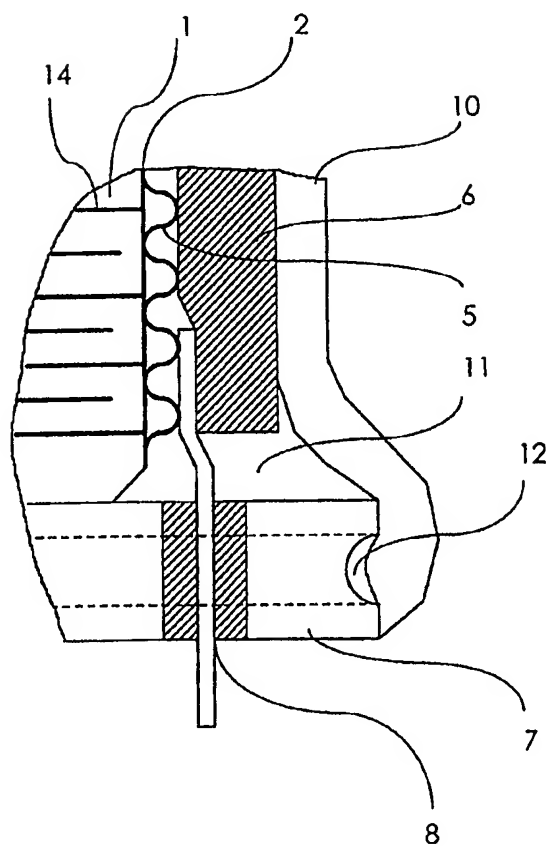


2/4

Figur 2b

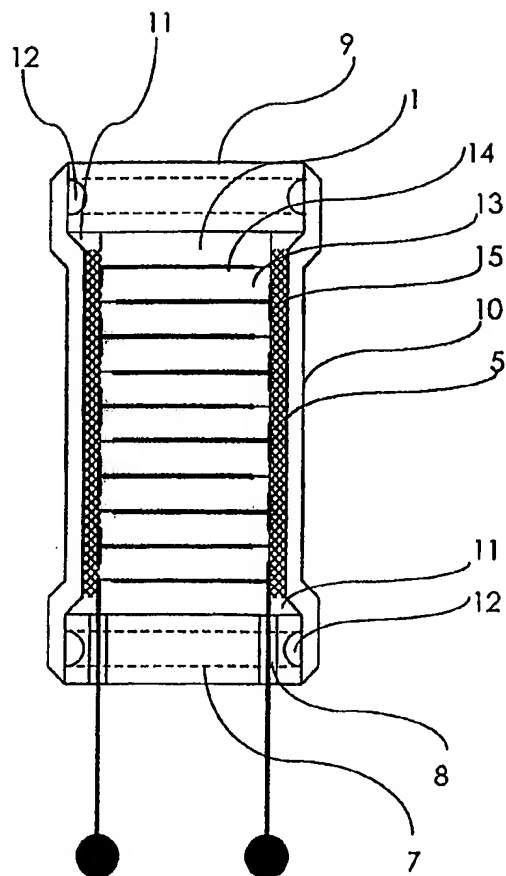


Figur 2c

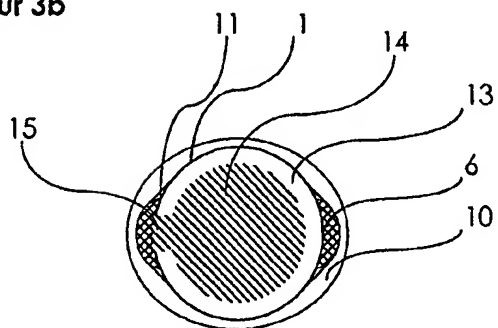


3/4

Figur 3a

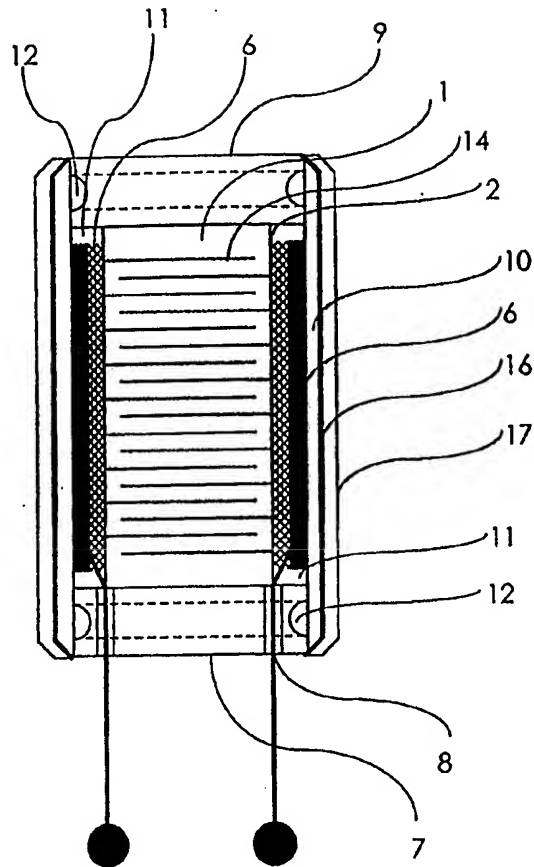


Figur 3b



4/4

Figur 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 98/07899

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01L41/083 H01L41/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L H01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 001, 31 January 1997 & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13 September 1996 see abstract	1,2
Y	---	3-5
Y	US 4 250 605 A (CHAPMAN HARRY S) 17 February 1981 see abstract; figure 2 see column 3, line 7 - column 4, line 2 ---	3-5
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 110 (E-496), 7 April 1987 & JP 61 258485 A (AISAN IND CO LTD), 15 November 1986 see abstract ---	1,7,11

	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 April 1999

Date of mailing of the international search report

20/04/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visscher, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No

PCT/EP 98/07899

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 132 (E-736), 31 March 1989 & JP 63 299384 A (MURATA MFG CO LTD), 6 December 1988 see abstract ---	1
A	US 4 803 763 A (ETURO YASUDA ET AL) 14 February 1989 cited in the application see abstract; figures 1,2,5 see column 1, line 46 - column 2, line 36 see column 3, line 1 - column 4, line 58 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Inter. Appl. Application No

PCT/EP 98/07899

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4250605 A	17-02-1981	CA 1127362 A	13-07-1982
		CA 1138168 A	28-12-1982
		DE 2901463 A	19-07-1979
		FR 2414994 A	17-08-1979
		GB 2012917 A,B	01-08-1979
		JP 54112975 A	04-09-1979
US 4803763 A	14-02-1989	US 4325998 A	20-04-1982
		JP 63056971 A	11-03-1988
		JP 1732257 C	17-02-1993
		JP 4016030 B	19-03-1992
		JP 63155684 A	28-06-1988
		US 4845399 A	04-07-1989

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07899

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01L41/083 H01L41/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01L H01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 001, 31. Januar 1997 & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13. September 1996	1,2
Y	siehe Zusammenfassung	3-5
Y	US 4 250 605 A (CHAPMAN HARRY S) 17. Februar 1981 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 siehe Spalte 3, Zeile 7 - Spalte 4, Zeile 2	3-5
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 110 (E-496), 7. April 1987 & JP 61 258485 A (AISAN IND CO LTD), 15. November 1986 siehe Zusammenfassung	1,7,11

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. April 1999

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

20/04/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 851 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visscher, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07899

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 132 (E-736), 31. März 1989 & JP 63 299384 A (MURATA MFG CO LTD), 6. Dezember 1988 siehe Zusammenfassung ---	1
A	US 4 803 763 A (ETURO YASUDA ET AL) 14. Februar 1989 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,5 siehe Spalte 1, Zeile 46 - Spalte 2, Zeile 36 siehe Spalte 3, Zeile 1 - Spalte 4, Zeile 58 -----	1-15

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 98/07899

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4250605 A	17-02-1981	CA 1127362 A	13-07-1982
		CA 1138168 A	28-12-1982
		DE 2901463 A	19-07-1979
		FR 2414994 A	17-08-1979
		GB 2012917 A, B	01-08-1979
		JP 54112975 A	04-09-1979
		US 4325998 A	20-04-1982
US 4803763 A	14-02-1989	JP 63056971 A	11-03-1988
		JP 1732257 C	17-02-1993
		JP 4016030 B	19-03-1992
		JP 63155684 A	28-06-1988
		US 4845399 A	04-07-1989

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Juli 1992)

CLIPPEDIMAGE= JP411274591A
PAT-NO: JP411274591A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11274591 A
TITLE: LAMINATION TYPE PIEZOELECTRIC ACTUATOR
ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

PUBN-DATE: October 8, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KUMAMOTO, KENJI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TAIHEIYO CEMENT CORP	N/A

APPL-NO: JP10079687

APPL-DATE: March 26, 1998

INT-CL_(IPC): H01L041/083; H01L041/22

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a lamination type piezoelectric actuator element which can be readily manufactured without requiring troublesome management, while relaxing inner stress generated in a boundary part between an active part and a protection layer, and a manufacturing method thereof.

SOLUTION: Each piezoelectric layer 11 of an active part 13 has a thickness (d), an insulator 15 is selectively formed on an edge face of an inner electrode

layer 12 positioned in an area near a protection layer 14 among edge faces of the inner electrode layer 12 exposed in opposite side surfaces 13a and 13b of the active part 13, and an outer electrode 16 is formed all over the side surface 13a, 13b of the active part 13 therefrom. In an area near the protection layer 14, an interval of the inner electrode layer 12 connected to the outer electrode 16 electrically is three times an interval (d) in an area for from the protection layer 14.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-274591

(43)公開日 平成11年(1999)10月8日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 L 41/083
41/22

識別記号

F I
H 0 1 L 41/08
41/22

Q
Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平10-79687

(22)出願日 平成10年(1998)3月26日

(71)出願人 000000240

太平洋セメント株式会社

東京都千代田区西神田三丁目8番1号

(72)発明者 熊本 憲二

千葉県佐倉市大作二丁目4番2号 秩父小

野田株式会社中央研究所内

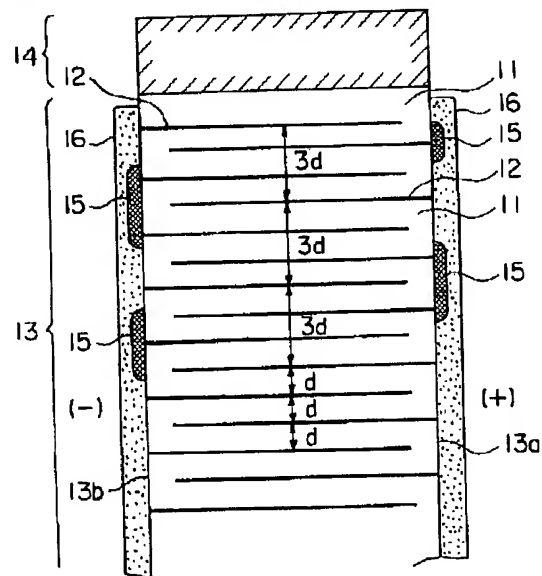
(74)代理人 弁理士 曾我 道照 (外6名)

(54)【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 この発明は、活性部と保護層との境界部に発生する内部応力を緩和しながらも、手間のかかる管理を要することなく容易に製造することができる積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 活性部13の各圧電体層11は厚さdを有し、活性部13の対向する側面13a及び13bに露出している内部電極層12の端面のうち、保護層14の近傍に位置する内部電極層12の端面上に選択的に絶縁体15が形成され、その上から活性部13の側面13a及び13b全面にそれぞれ外部電極16が形成されている。保護層14の近傍においては、外部電極16に電気的に接続された内部電極層12の間隔は、保護層14の近傍でない部分の間隔dの3倍になっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電体層と内部電極層とが交互に積層された活性部の両端に不活性部である保護層が形成され、活性部の両側面に外部電極が形成された積層型圧電アクチュエータ素子において、

活性部側面に露出する内部電極層の端面と外部電極との間に選択的に絶縁体を形成することにより外部電極に電氣的に接続された内部電極層の間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より広くなるように設定したことを特徴とする積層型圧電アクチュエータ素子。

【請求項2】 外部電極に電氣的に接続された内部電極層の間隔は、保護層の近傍においては等間隔で他の部分における間隔より広い請求項1に記載の積層型圧電アクチュエータ素子。

【請求項3】 外部電極に電氣的に接続された内部電極層の間隔は、保護層に近づくほど次第に広がる請求項1に記載の積層型圧電アクチュエータ素子。

【請求項4】 圧電体層を内部電極層で挟んで多層に積層して活性部を形成し、活性部の両端に保護層を形成し、活性部と保護層からなる積層体を焼結し、活性部の両側面に露出する内部電極層の端面上に選択的に絶縁体を形成し、絶縁体の上から活性部の両側面全面にそれぞれ外部電極を形成して絶縁体が形成されていない内部電極層と外部電極とを電氣的に接続することにより、外部電極に電氣的に接続された内部電極層の間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より広くなるようにしたことを特徴とする積層型圧電アクチュエータ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法に係り、特に圧電素子の伸縮時に圧電活性部と保護層との境界で発生する内部応力を緩和し得る素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図4に従来の積層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。圧電体層1と内部電極層2とが交互に積層された活性部3の両端に不活性部である保護層4が形成されている。活性部3の両側部において、1層おきに内部電極層2の端面に絶縁体5が形成され、その上から活性部3の側面全面に外部電極6が形成されている。これにより、内部電極層2は絶縁体5が形成されていない端面においてプラス側の外部電極6とマイナス側の外部電極6とに交互に接続されている。

【0003】一対の外部電極6間に電圧を印加すると、隣接する内部電極層2の間に電界が形成され、活性部3は電界方向すなわち積層方向に伸長するが、このとき活

性部3全体の体積はほとんど変わらないため、電界方向に直交する方向すなわち内部電極層2に平行な方向に活性部3は収縮する。このため、活性部3と不活性部である保護層4との境界部に内部応力が発生し、素子の破損に至る恐れがある。

【0004】そこで、図4に示されるように、保護層4の付近の3〜4層の圧電体層1の厚さ2dを他の部分の圧電体層1の厚さdの2倍にして内部電極層2の間隔を広げた圧電アクチュエータ素子が考案されている。内部電極層2の間隔を2倍に広げることで電界強度は1/2となり、保護層4の付近での歪みを小さくして活性部3と保護層4との境界部に発生する内部応力を緩和しようとするものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、2種類の厚さの圧電体層1が存在することから、圧電アクチュエータ素子の製造に際して2種類の厚さのグリーンシートを成形する必要があり、また、これら2種類の厚さのグリーンシートが混ざらないようにシート検査をしたり、内部電極層2の印刷工程においてグリーンシートの管理を要するという問題があった。さらに、2種類の厚さのグリーンシートを積層するため、複雑で高価な製造装置が必要になるという問題もあった。

【0006】この発明はこのような問題点を解消するためになされたもので、活性部と保護層との境界部に発生する内部応力を緩和しながらも、手間のかかる管理を要することなく容易に製造することができる積層型圧電アクチュエータ素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明に係る積層型圧電アクチュエータ素子は、圧電体層と内部電極層とが交互に積層された活性部の両端に保護層が形成され、活性部の両側面に外部電極が形成された積層型圧電アクチュエータ素子において、活性部側面に露出する内部電極層の端面と外部電極との間に選択的に絶縁体を形成することにより外部電極に電氣的に接続された内部電極層の間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より広くなるように設定したものである。外部電極に電氣的に接続された内部電極層の間隔は、保護層の近傍においては等間隔に設定することもでき、あるいは保護層に近づくほど次第に広がるように設定することもできる。

【0008】また、この発明に係る積層型圧電アクチュエータ素子の製造方法は、圧電体層を内部電極層で挟んで多層に積層して活性部を形成し、活性部の両端に保護層を形成し、活性部と保護層からなる積層体を焼結し、活性部の両側面に露出する内部電極層の端面上に選択的に絶縁体を形成し、絶縁体の上から活性部の両側面全面にそれぞれ外部電極を形成して絶縁体が形成されてい

い内部電極層と外部電極とを電気的に接続することにより、外部電極に電気的に接続された内部電極層の間隔を保護層の近傍における間隔が他の部分における間隔より広くなるようにした方法である。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態を添付図面に基いて説明する。

実施の形態1. 図1にこの発明の実施の形態1に係る積層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。圧電体層11と内部電極層12とが交互に積層された活性部13の両端に不活性部である保護層14が形成されている。各圧電体層11は厚さdを有している。各内部電極層12は圧電体層11より幅が短く、1層おきに交互に内部電極層12の端面が活性部13の対向する側面13a及び13bに露出している。これらの側面13a及び13bに露出する内部電極層12の端面のうち、保護層14の近傍に位置する内部電極層12の端面上に選択的に絶縁体15が形成されている。これらの絶縁体15の上から活性部13の側面13a及び13b全面にそれぞれ外部電極16が形成されている。

【0010】その端面上に絶縁体15が形成された内部電極層12は他端部が活性部13の側面にまで至らずに圧電体層11の中に位置するため、いずれの外部電極16にも電気的に接続されることがない。絶縁体15を選択的に形成することにより、図1に示されるように、保護層14の近傍においては内部電極層12は2層おきに交互に左右の外部電極16に接続され、これにより外部電極16に電気的に接続された内部電極層12の間隔は、保護層14の近傍でない部分の間隔dの3倍になっている。

【0011】このような積層型圧電アクチュエータ素子は、次のようにして製造することができる。まず、 $PZT [= Pb(Zr \cdot Ti)O_3]$ 等を主成分とする圧電セラミックス粉末にバインダー、分散剤、活性剤、消泡剤等を加え、真空脱泡した後、セラミックスシート成形方法（ドクタブレード法等）を用いてグリーンシートを作製する。このグリーンシート上にスクリーン印刷法を用いて例えば銀-パラジウムからなる内部電極層を一端部がグリーンシートの対応する縁部に位置し、他端部がグリーンシートの他方の縁部にまで至らないように印刷形成する。このようにして内部電極層が形成された複数のグリーンシートを交互にその向きを 180° 変えて積層して活性部13を形成し、その積層方向の両端部にそれぞれ内部電極層が印刷形成されていない複数のグリーンシートを積層して保護層14を形成し、この積層体を焼成して積層焼結体を得る。

【0012】次に、活性部13の対向する側面13a及び13bに露出している内部電極層12の端面のうち、保護層14の近傍に位置する内部電極層12の端面上に印刷等により選択的にガラス等の絶縁体15を形成して

この端面を封止する。さらに、これらの絶縁体15の上から活性部13の側面13a及び13b全面にそれぞれ例えば銀-パラジウムからなる外部電極16を形成して、絶縁体15が形成されていない内部電極層12と外部電極16とを電気的に接続する。

【0013】図1の積層型圧電アクチュエータ素子において、一対の外部電極16間に電圧を印加すると、外部電極16に電気的に接続された内部電極層12の間に電界が形成され、各圧電体層11は電界方向すなわち積層方向に伸長する。このとき、保護層14の近傍においては、外部電極16に電気的に接続された内部電極層12の間隔が他の部分の間隔dの3倍となっているため、電界強度は $1/3$ となり、保護層14の付近での圧電体層11の歪み量が小さく、活性部13と保護層14との境界部に発生する内部応力が緩和される。このため、積層型圧電アクチュエータ素子を長期間使用しても、内部応力に起因する素子の破損を防止することができる。

【0014】実施の形態2. 図2に実施の形態2に係る積層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。この積層型圧電アクチュエータ素子は、絶縁体15の形成箇所が異なる点を除いて図1の積層型圧電アクチュエータ素子と同一の構造を有している。図2の積層型圧電アクチュエータ素子においては、絶縁体15を選択的に形成することにより、外部電極16に電気的に接続された内部電極層12の間隔は、活性部13の中央部における間隔dに対して、保護層14に近づくにつれて、3倍の3d、さらに5倍の5dと、保護層14に近づくほど次第に広くなるように設定されている。

【0015】このような構成とすることにより、活性部13の伸縮時に発生する内部応力を効果的に緩和して素子の耐久性をさらに向上させることが可能となる。

【0016】実施の形態3. 図3に実施の形態3に係る積層型圧電アクチュエータ素子の断面構造を示す。この積層型圧電アクチュエータ素子は、内部電極層12が圧電体層11と同じ面積を有する、いわゆる全面電極型の素子である。図3に示されるように、内部電極層12の端面上に選択的に絶縁体15を形成することにより、左右の外部電極16に接続される内部電極層12の間隔を自由に広げることができる。これにより、保護層14の近傍における歪み量が小さくなり、活性部13と保護層14との境界部に発生する内部応力が緩和され、長期間使用しても素子が破損することはない。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、活性部の伸縮時に保護層との界面で発生する内部応力が緩和されるので、圧電アクチュエータ素子の耐久性が向上される。特に、大面積で発生力が大きな素子、圧電定数が大きく変位の割合が大きな圧電アクチュエータ素子に適している。また、定格より過大な電圧が印加された場合にも活性部と保護層との境界部における破壊を

5

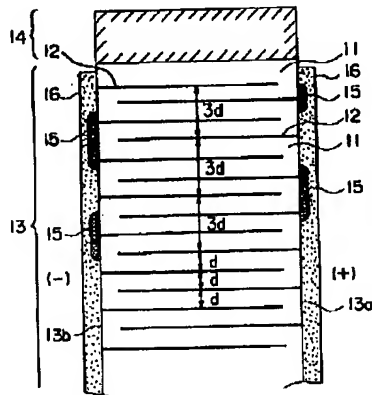
防止することができる。この発明の積層型圧電アクチュエータ素子は、同一の厚さの圧電体層を使用しているため、製造時におけるグリーンシートの管理が容易であり、また保護層の近傍に位置する内部電極層の端面上に選択的に絶縁体を形成するだけで、容易に外部電極に接続された内部電極層の間隔を調整することができ、適正な内部応力の緩和を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

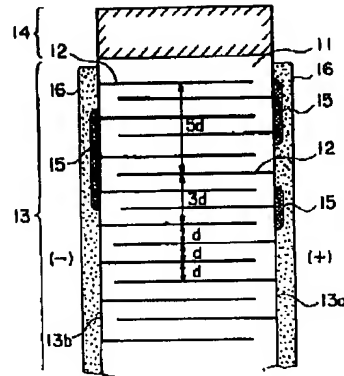
【図１】この発明の実施の形態１に係る積層型圧電アクチュエータ素子を示す断面図である。

【図2】実施の形態2に係る積層型圧電アクチュエータ素子を示す断面図である。

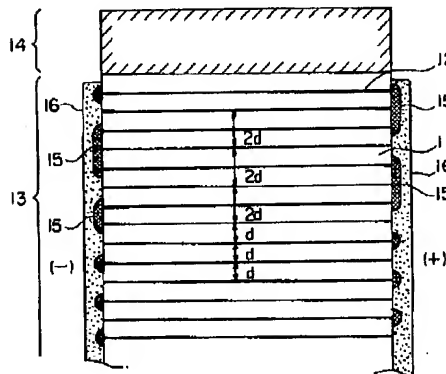
【図1】



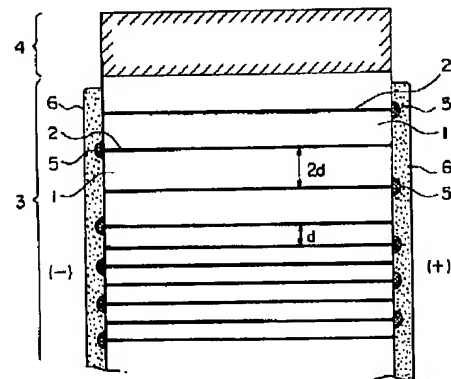
【図2】



【図3】



【図4】



CLIPPEDIMAGE= JP407283453A
PAT-NO: JP407283453A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07283453 A
TITLE: LAMINATED PIEZOELECTRIC ELEMENT

PUBN-DATE: October 27, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKAWA, YASUO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

BROTHER IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06073113

APPL-DATE: April 12, 1994

INT-CL_(IPC): H01L041/083

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a laminated piezoelectric element capable of connecting an outer electrode to inner electrodes every other layer without fail and avoiding any defective conduction and insulation as well as the release of outer electrode.

CONSTITUTION: On the side of the laminated body comprising filmy piezoelectric material 11 and the inner electrode 12, a conductive projection 16 is formed on the end of the inner electrode 12 every other exposed layer and then an

insulating film 13 is formed on the conductive projection 16 as if extending over the whole piezoelectric material 11 in the laminated layer direction of an element. Furthermore, a metallic mesh 17 to be the outer electrode and copper foil 15 are formed on the insulating film 13 so that the inner electrodes 12 and the outer electrode may be electrically connected through the intermediary of the conductive projection 16.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-283453

(43) 公開日 平成7年(1995)10月27日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 41/083

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 41/ 08

Q

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-73113

(22) 出願日 平成6年(1994)4月12日

(71) 出願人 000005267

ブラザー工業株式会社

愛知県名古屋市中瑞穂区苗代町15番1号

(72) 発明者 大川 康夫

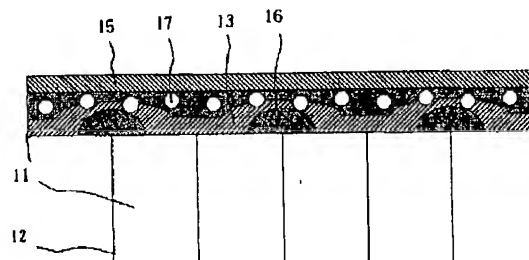
名古屋市中瑞穂区苗代町15番1号ブラザー工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電素子

(57) 【要約】

【目的】 外部電極を一層置ききの内部電極に確実に接続し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極の剥がれによる不良を防止することができる積層型圧電素子を提供することを目的としている。

【構成】 膜状の圧電材料11と内部電極12とが交互に重なる積層体の側面において、露出する一層置ききの内部電極12の端部に導電性凸部16を形成し、その上に、素子の積層方向に全ての圧電材料11にかかるように絶縁膜13を形成する。また、絶縁膜13の上に、外部電極である金属製のメッシュ17と銅箔15とを形成し、導電性凸部16を介して内部電極12と外部電極とが電気的に接続される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電材料と内部電極とが交互に積層された積層体の側面に露出する一層置き内部電極の端部に形成された導電性凸部と、前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を覆う絶縁膜と、その絶縁膜上に連続して形成されると共に、前記導電性凸部を介して一層置き内部電極と電気的に接続される外部電極とを備えた積層型圧電素子において、

前記外部電極が、導電性を有する金属線から成るメッシュによって構成され、前記絶縁膜の上面側から積層体

10 に向けて圧縮することにより、前記メッシュの金属線が前記絶縁層を突き破って、前記各導電性凸部に接触し、一層置き内部電極と電気的に接続されることを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項2】 前記外部電極上に、板もしくは箔から成る第二の外部電極を備えたことを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、圧電材料の薄膜を多数

20 枚積層し、電圧を印加することにより縦方向の変位を得る積層型圧電素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、積層型の圧電素子を製造する場合、内部電極を一層置きに外部電極に接続する必要があるが、従来の積層コンデンサ方式を用いると内部電極面積が素子の断面積より小さいため、電界が全面に発生せず、変位を阻害するばかりでなく不均一な部分に応力集中が発生し、ついには破壊するという致命的な欠点がある。また、積層時の位置決めが難しく、多くても数十枚

30 程度の積層枚数が限界であり、同じ印加電圧の場合、素子の変位量は積層枚数に比例するため、大きな変位量を発生する素子を製造することは困難であった。この欠点を解消するために圧電シート全面に電極を印刷して積層する方法、即ち、内部電極の面積と素子の面積を等しくする構造が一般的になっている。その一例として、図8に示すような方法が考えられている。

【0003】図8に示すように、膜状の圧電材料71と内部電極72とが交互に重なる積層体の側面において、一層置き内部電極の端部に導電性凸部75を形成し、素子の積層方向に全ての圧電材料71にかかるように導電性粒子80を含有しない層77aを形成する。そして、その上から導電性粒子80を含有する層77bを銅箔79と共に素子の積層方向に全ての圧電材料71にかかるように熱圧着すると、導電性凸部75の存在によりその凸部付近のみが圧縮されて、その圧縮された部分において、導電性粒子80を含有する層77b中の導電性粒子80が、導電性粒子80を含有しない層77aを突き破って導電性凸部75と接触し、一層置き内部電極72と外部電極である銅箔79とを電気的に接続する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような積層型圧電素子では、導電性粒子80を含有しない層77aを突き破り、外部電極79と内部電極72とを接続する媒体として導電性粒子80を用いているため、次のような問題が生じた。

【0005】導電性粒子80の粒子の大きさには、ばらつきがあり、その分散状態も場所により異なっているため、加圧されても導電性粒子80が導電性凸部75まで届かず電気的に接続されない層ができたり、逆に、導電性凸部75のない、本来絶縁されるべき層が導通してしまうことがあった。また、導電性粒子80の存在により銅箔79の接着力が弱くなり、素子の駆動中に剥がれてしまうことがあった。

【0006】本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、外部電極を一層置き内部電極に確実に接続し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極の剥がれによる不良を防止することができる積層型圧電素子を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の積層型圧電素子は、圧電材料と内部電極とが交互に積層された積層体の側面に露出する一層置き内部電極の端部に形成された導電性凸部と、前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を覆う絶縁膜と、その絶縁膜上に連続して形成されると共に、前記導電性凸部を介して一層置き内部電極と電気的に接続される外部電極とを備えた積層型圧電素子において、前記外部電極が、導電性を有する金属線から成るメッシュによって構成され、前記絶縁膜の上面側から積層体

30 に向けて圧縮することにより、前記メッシュの金属線が前記絶縁層を突き破って、前記各導電性凸部に接触し、一層置き内部電極と電気的に接続される。

【0008】また、前記外部電極上に、板もしくは箔から成る第二の外部電極を備えることが望ましい。

【0009】

【作用】上記の構成を有する本発明の積層型圧電素子は、絶縁膜を突き破り導電性凸部と接続する外部電極が、一様な厚さのメッシュであり、且つメッシュを構成する金属線も一様な太さであるため、各導電性凸部に対して、メッシュの金属線が確実に接触し、導電性凸部を介して内部電極と外部電極が電気的に接続され、また、導電性凸部の形成されていない内部電極には、メッシュの金属線が接触しないため確実に絶縁される。

【0010】

【実施例】以下、本発明を具体化した一実施例を図面を参照して説明する。

【0011】図1に本発明の積層型圧電素子の断面図を示す。膜状の圧電材料11と内部電極12とが交互に重なる積層体の側面において、露出する一層置き内部電

極12の端部に導電性凸部16が形成されると共に、素子の積層方向に全ての圧電材料11にかかるように絶縁膜13が形成されている。また、絶縁膜13の上には、外部電極である金属製のメッシュ17と銅箔15が形成され、導電性凸部16を介して内部電極12と電気的に接続されている。

【0012】以下、本発明を具体化した一実施例を図面を参照して説明する。

【0013】まず、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とする圧電材料を所望の組成に混合した後、850℃で仮焼成した粉末に5重量部のバインダーと微量の可塑材および消泡剤を添加し、有機溶媒中に分散させスラリー状にする。このスラリーをドクターブレード法により所定の厚さに成形しグリーンシートとする。このグリーンシート上に内部電極12としてPd（パラジウム）ペーストをスクリーン印刷し、所定寸法に打ち抜いたものを所定枚数積層し熱プレスにより一体化する。脱脂後、約1200℃で焼結を行い、図2に示すように、内部電極12が一層置きに露出するような位置で切断した焼結体21に、仮の外部電極22、23を塗布焼き付けし、さらに別の一对の側面24、25が露出するように切断する。

【0014】そして、焼結体21の一方の側面24において、導電性凸部16を形成する部分を残して他の全ての部分をテープでマスキングし、かつ他方の側面25全体をテープでマスキングした状態で、直流電源の負極に仮の外部電極22を接続してニッケルメッキ浴中に洗める。この状態で50mAの電流を約5分間流すと、仮の外部電極22につながる内部電極12にニッケルメッキが成長し、マスキングテープを剥すと、図3に示すように、ニッケルメッキ製の導電性凸部16が一層置きに形成された状態となる。次に、反対側の側面25にも層をずらして導電性凸部16を形成するべく、既に導電性凸部16が形成された側面24の全体と、側面25の一部とをテープでマスキングして保護した後、負極を仮の外部電極23に接続してニッケルメッキを成長させる。これにより、側面25においても側面24と一層ずつずれて導電性凸部16が形成される。

【0015】洗浄後、直流電源の負極を仮の外部電極22、23に接続し、所定量の顔料を添加したエポキシカチオン電着塗料浴中に洗め、100Vの電圧を2分間かけると、図4に示すように、導電性凸部16が形成されている内部電極12は、導電性凸部16の表面にエポキシカチオン電着塗料が電着し、導電性凸部16が形成されていない内部電極12は、その端部にエポキシカチオン電着塗料が電着する。その後、オーブン中で150℃で30分間加熱処理すると、エポキシ樹脂成分が硬化する過程で流動性を持つため、図5に示すように平坦化され、絶縁膜13となる。

【0016】また、焼結体21とは別に、図6に示すよ

うに、銅箔15の片面に#300～#400程度の金属製のメッシュ17を重ね、その上から熱硬化性のエポキシ系接着剤17aを塗布したものを用意しておく。これを図7に示すように焼結体21の側面24、25にそれぞれの導電性凸部16にかかるような大きさに切断し、メッシュ17と絶縁膜13とが向かい合うように仮止めする。そして、ほぼ180℃に熱した一对の平面状の加圧用治具53（図7は一側面がわのみ図示）ではさみ、数kgの荷重をかけて熱圧着すると、導電性凸部16の部分のみが他の部分よりも高い圧力で部分的に加圧されることとなる。その結果、図1に示すように加圧された部分のみメッシュ17の金属線が、絶縁膜13を突き破り、導電性凸部16と接触し、一層置きの内部電極12とメッシュ17、及びその上に配置される銅箔15とが接続された状態となる。この銅箔15が、本実施例の第二の外部電極を構成している。

【0017】そして、互いに反対向きの各側面24、25で層をずらして一層置きの各内部電極12にメッシュ17及び銅箔15を接続した焼結体21は、素子1個分に切断された後、銅箔15の一部に電力供給用のリード線を取り付け、樹脂外装及び分極処理を施して完成品となる。

【0018】このように、本実施例の積層型圧電素子においては、絶縁膜13を突き破り導電性凸部16と接続するメッシュ17が一樣の厚さであり、且つメッシュ17を構成する金属線も一樣の太さであるため、各導電性凸部16に対して、メッシュ17の金属線が確実に接触し、導電性凸部16を介して内部電極12と外部電極であるメッシュ17及び銅箔15とが電気的に接続され、また、導電性凸部16が形成されていない内部電極12には、メッシュ17の金属線が接触しないため確実に絶縁される。

【0019】また、外部電極として用いるメッシュ17には、市販されているものを用いればよく、特殊な加工を施す必要がないため、積層型圧電素子の製造工程を簡素化することができる。

【0020】さらに、本実施例の積層型圧電素子は、第二の外部電極として、メッシュ17の上に銅箔15を形成しているので、強固な積層型圧電素子を提供することができる。

【0021】尚、本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、その主旨を逸脱しない限り種々の変更を加えることができる。例えば、ニッケルメッキの代わりにクロムメッキや銅メッキを用いても同様の効果を得ることができる。また、第二の外部電極として銅箔を形成せずに、導電性を有する金属製のメッシュのみを外部電極として用いることも可能である。

【0022】

【発明の効果】以上説明したことから明かなように、本発明の積層型圧電素子によれば、外部電極と内部電極を

5

一層置きに確実に接続することができるので、導通不良や絶縁不良を防止することができ、また、外部電極を積層体に強力に接着することができるので、剥がれ等の不良を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の積層型圧電素子の断面図である。

【図2】切断された積層焼結体の斜視図である。

【図3】導電性凸部が形成された状態の焼結体の斜視図である。

【図4】エポキシカチオン電着塗料が電着された状態を示す断面図である。

【図5】エポキシカチオン電着塗料が加熱により流動した状態を示す断面図である。

6

【図6】銅箔とメッシュを重ねてエポキシ系接着剤を塗布した状態の断面図である。

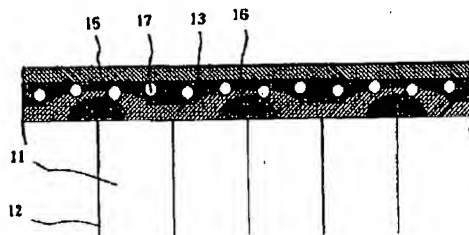
【図7】メッシュを重ねた銅箔を加圧する状態を示す説明図である。

【図8】従来の積層型圧電素子の断面図である。

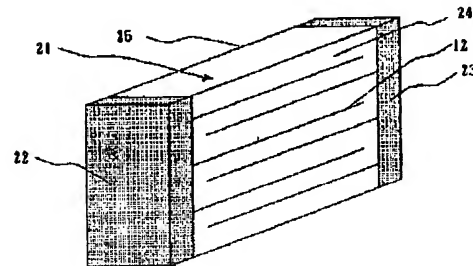
【符号の説明】

- 11 圧電材料膜
- 12 内部電極
- 13 絶縁膜
- 15 銅箔
- 16 導電性凸部
- 17 金属製メッシュ

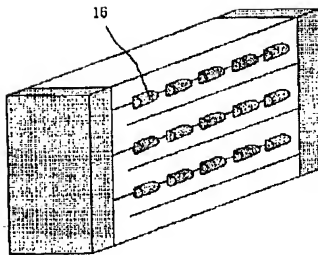
【図1】



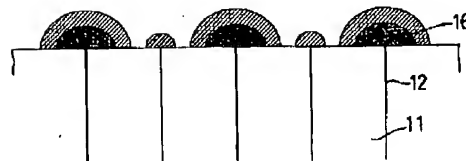
【図2】



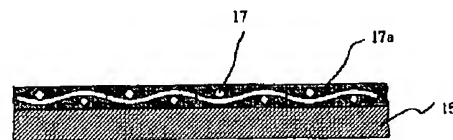
【図3】



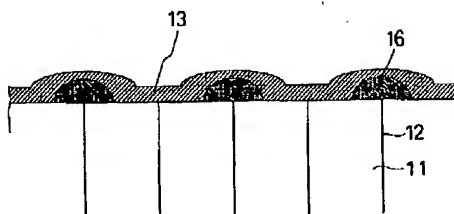
【図4】



【図6】



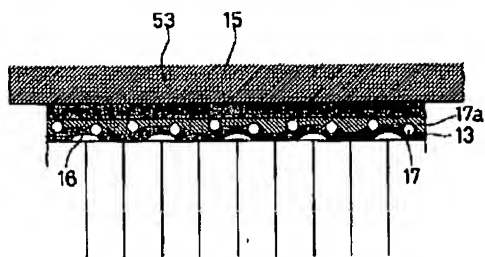
【図5】



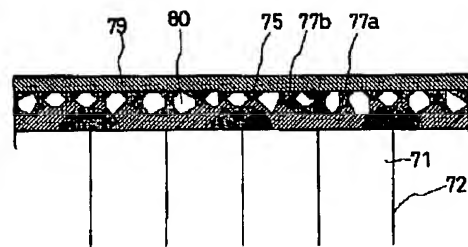
(5)

特開平7-283453

【図7】



【図8】



DERWENT-ACC-NO: 2002-139581
DERWENT-WEEK: 200218
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelectric actuator has external electrodes extended over multilayer structure so the electrical voltage can be fed into the extensions

INVENTOR: HEINZ, R; JUNG, S ; SUGG, B

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1026005 (May 25, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
DE 10026005 A1	December 6, 2001	N/A	000
H02N 002/04			
WO 200191199	November 29, 2001	G	017
H01L 041/083			
A1			

DESIGNATED-STATES: CZ KR US AT BE CH CY DE DK ES FI FR
GB GR IE IT LU MC NL PT S
E TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
DE 10026005A1	N/A	2000DE-1026005
		May 25, 2000
WO	N/A	2001WO-DE01328
		April 5, 2001
200191199A1		

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083 ; H02N002/04

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200191199A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The actuator has a multilayer structure of piezo layers and internal electrodes with mutual lateral contacting of the internal electrodes via external electrodes distributed on lateral surfaces in the form of a mesh or tissue and contacted at least pointwise by the relevant internal electrodes. The external electrodes are extended over the multilayer structure so that an electrical voltage can be fed into the extensions.

DETAILED DESCRIPTION - The actuator has a multilayer structure of piezo layers and internal electrodes (2,3) with mutual lateral contacting of the internal electrodes via external electrodes (4,5) via which an electrical voltage can be delivered, whereby the external electrodes are distributed on lateral surfaces in the form of a mesh or tissue and contacted at least pointwise by the relevant internal electrodes. The external electrodes are extended over the multilayer structure so that the electrical voltage can be fed into the extensions (8,9).

USE - E.g. for actuating a mechanical component such as a valve.

ADVANTAGE - Enables improved and mechanically more robust contacting.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a piezo actuator

internal electrodes 2,3

external electrodes 4,5

extensions 8,9

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/10

TITLE-TERMS:

PIEZOELECTRIC ACTUATE EXTERNAL ELECTRODE EXTEND
MULTILAYER STRUCTURE SO
ELECTRIC VOLTAGE CAN FEED EXTEND

DERWENT-CLASS: V06 X25

EPI-CODES: V06-M06D3; V06-U15; X25-L01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2002-105247

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. November 2001 (29.11.2001)

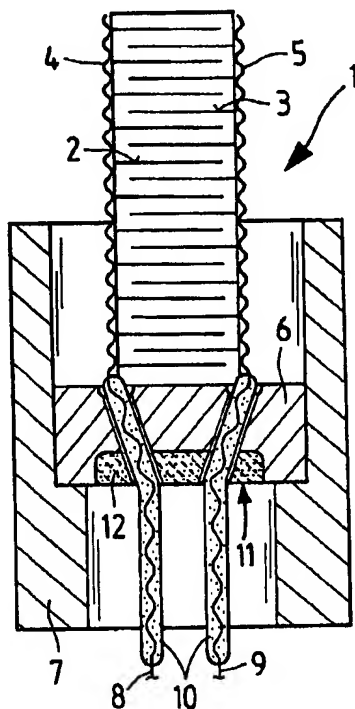
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/91199 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/083, 41/047 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, 71272 Renningen (DE).
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01328 SUGG, Bertram [DE/DE]; Friedrich-Schaffert-Strasse 8, 70839 Gerlingen (DE). JUNG, Steffen [DE/DE]; Am Schlossberg 15, 71229 Leonberg (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 5. April 2001 (05.04.2001) (81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, KR, US.
(25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität: 100 26 005.5 25. Mai 2000 (25.05.2000) DE
Veröffentlicht: — mit internationalem Recherchenbericht
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator, for example, for actuating a mechanical component. The inventive piezoelectric actuator comprises a stratified structure of piezoelectric layers and, interposed therebetween, inner electrodes (2, 3) and a mutual lateral contacting of the inner electrodes (2, 3) with the outer electrodes (4, 5). Said outer electrodes (4, 5) are distributed on each of the lateral faces in a net or tissue-type structure and is connected to the respective inner electrodes (2, 4) at least in some points. The outer electrodes (4, 5) are extended beyond the stratified structure of the piezoelectric layers so that the electric voltage is supplied at these extensions (8, 9).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einen Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3) und eine wechselseitige seitliche Kontaktierung der Innenelektroden (2, 3) über Außenelektroden (4, 5) aufweist. Die Außenelektroden (4, 5) sind netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht und zumindest punktuell mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert. Die Außenelektroden (4, 5) sind dabei derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen hinaus verlängert, dass an den Verlängerungen (8, 9) die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt.

WO 01/91199 A1

Piezoaktor

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

-2-

Solche Piezoaktoren können beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine störenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschluss-elektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechselnd an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden.

Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d.h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können. Die Außenelektroden müssen dann wiederum mit Anschlusselektroden versehen werden, die in der Regel auch mechanischen Spannungen standhalten müssen.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise so ausgebildet, dass mindestens eine Schicht der jeweilige Außenelektrode netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebaut und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden sind dabei derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen verlängert, dass an den

Verlängerungen die Zuführung der elektrischen Spannung über entsprechende Anschlüsse erfolgt.

Gegenüber einer üblichen Lötung dieser äußeren Anschlussdrähte direkt auf der Außenelektrode nahe des Piezoaktorfußes im aktiven oder inaktiven Bereich ist erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise erreicht, dass mit dem Anschluss an die Verlängerung der Außenelektrode eine verbesserte und mechanisch robustere Kontaktierung hergestellt ist. Bei der üblichen Lötung auf dem netz- oder siebartigen Gewebe ist die Haftung der Elektroden auf dem Piezoaktor sehr gering, so dass selbst geringe Kräfte ein Abschälen der Außenelektrode vom Piezoaktor hervorrufen können. Gemäß der Erfindung kann dann auch die Anzahl der notwendigen elektrischen Verbindungen im Bereich des Mehrschichtaufbaus verringert werden.

Dadurch, dass die Außenelektroden über den Piezoaktorfuß hinaus, im Idealfall bis zum Stecker verlängert werden, können diese somit in einem unkritischen Bereich kontaktiert werden. Weiterhin ermöglicht dies zum einen eine kostengünstige Fertigung, zum anderen wird das Prozess- und Ausfallrisiko an dieser Stelle reduziert. Vorteilhaft ist außerdem, dass auch auf einen, ev. sonst notwendigen zusätzlichen inaktiven Bereich am Mehrschichtaufbau zur Kontaktierung verzichtet werden kann, wodurch eine geringere Baulänge ermöglicht und weitere Kosten gespart werden können.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Verlängerungen elektrisch isoliert durch das Fußteil, z.B. aus Stahl oder Al_2O_3 , des Piezoaktors geführt, an dem der Mehrschichtaufbau der Piezolagen befestigt ist. Hierbei ist es auch vorteilhaft, wenn die Verlängerungen zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden in einer Vergussmasse gehalten sind, welche in eine Ausnehmung

-4-

des Fußteils, ggf. von einem Formteil aus Stahl oder Polymer umgeben, eingebracht sind.

Die Verlängerungen können in vorteilhafter Weise auch dadurch realisiert werden, dass die Außenelektroden im Bereich der Verlängerungen verjüngt sind. Weiterhin können die Außenelektroden auch im Bereich der Verlängerungen gefaltet oder gerollt sein.

Auf einfache Weise können die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden aus gekreuzten horizontal und vertikal verlegten oder unter 45° geneigt verlegten Drähten bestehen, die durch verkupfern oder verzinnen miteinander kontaktiert sind.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und Innenelektroden sowie einer netzartigen durch ein Fußteil verlängerten Außenelektrode;

Figur 2 einen Schnitt an der Linie A-A im Ausführungsbeispiel nach der Figur 1;

Figur 3 einen Detailschnitt im Bereich der Durchführung der verlängerten Außenelektrode durch das Fußteil;

Figur 4 eine Abwandlung des Beispiels nach den Figuren 1 bis 3 mit einem zusätzlichen Formteil im Bereich der Verlängerungen;

Figur 5 eine Abwandlung der vorhergehenden Beispiele mit einer in der Verlängerung verjüngten Außenelektrode;

Figur 6 ein Ausführungsbeispiel mit einer in der Verlängerung gefalteten Außenelektrode;

Figur 7 ein Ausführungsbeispiel mit einer in der Verlängerung gerollten Außenelektrode;

Figur 8 und 9 Ausführungsbeispiele der netz- oder gewebeartigen Außenelektroden und;

Figur 10 einen Detailschnitt durch die verkupferten oder verzinnnten Drähte der netz- oder gewebeartigen Außenelektrode.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 und 2 ist in verschiedenen Schnitten ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 2 und 3 jeweils über Außenelektroden 4 und 5 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 in axialer Richtung erfolgt.

Der Piezoaktor ist über ein Fußteil 6 fest in ein Gehäuse 7, beispielsweise das Gehäuse eines Einspritzventils für Kraftfahrzeuge, eingebettet. Die Außenelektroden 4 und 5

weisen Verlängerungen 8 und 9 auf, an deren unterem Ende jeweils ein elektrischer Anschluss für eine Spannungsversorgung angebracht werden kann. Im Bereich der Durchführung der Verlängerungen 8 und 9 durch das Fußteil 6 und ggf. darüber hinaus sind die Verlängerungen 8 und 9 elektrisch isoliert, beispielsweise mittels eines Schrumpfschlauchs 10. Zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden 4 und 5 bzw. der Verlängerungen 8 und 9 sind diese in einer Ausnehmung 11 des Fußteils 6 mit einer Vergussmasse 12 umhüllt. In Figur 3 ist der Bereich der Durchführung der Verlängerungen 8 oder 9 anhand eines Ausführungsbeispiels im Detail gezeigt.

Ein Ausführungsbeispiel nach Figur 4 zeigt Abwandlung zur Fixierung und zur Zugentlastung der Außenelektroden 4 und 5 bzw. der Verlängerungen 8 und 9 mit einem, im Fußteil 6 liegenden, Formteil 13, in das die Vergussmasse 12 eingefügt ist.

Verschiedene Ausführungsbeispiele der Elektrodenverlängerungen 8 und 9 sind in Figuren 5 bis 7 dargestellt. Nach der Figur 5 sind die Verlängerungen 8 und 9 lediglich verjüngt, was auch dem unten gezeichneten Querschnitt der Verlängerung 9 zu entnehmen ist. Die Figur 6 zeigt eine Verlängerung 9, die gefaltet ist und die Figur 7 zeigt eine Verlängerung 9, die gerollte ist, was wiederum den darunter gezeichneten Querschnitten der Verlängerung 9 zu entnehmen ist.

Aus Figur 8 ist ein netzartiger Aufbau der Außenelektrode 4 oder 5 mit horizontal und vertikal verlaufenden Drähten 14 und 15 und aus Figur 9 ist ein vergleichbarer Aufbau mit 45° geneigten Drähten 14 und 15 zu entnehmen. Im Schnitt nach Figur 10 ist die Lage der gekreuzten Drähte 14 und 15 mit Kontaktstellen 16, z.B. durch Verkupfern oder Verzinnen der Drähte 14 und 15, erkennbar.

Patentansprüche

- 1) Piezoaktor, mit
 - einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2,3),
 - einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2,3) über Außenelektroden (4,5), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei
 - die Außenelektroden (4,5) netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht sind und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt und wobei
 - die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4,5) derart über den Mehrschichtaufbau der Piezolagen hinaus verlängert sind, dass an den Verlängerungen (8,9) die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt.

-8-

2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Verlängerungen (8,9) elektrisch isoliert (10) durch ein Fußteil (6) des Piezoaktors (1) geführt sind, an das der Mehrschichtaufbau der Piezolagen befestigt ist.

3) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Verlängerungen (8,9) in einer Vergussmasse (12) gehalten sind, welche in eine Ausnehmung (11) des Fußteils (6) eingebracht ist.

4) Piezoaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Vergussmasse (12) von einem Formteil (13) umgeben ist.

5) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Außenelektroden (4,5) im Bereich der Verlängerungen (9,10) verjüngt sind.

6) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Außenelektroden (4,5) im Bereich der Verlängerungen (8,9) gefaltet sind.

7) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Außenelektroden (4,5) im Bereich der Verlängerungen (8,9) gerollt sind.

8) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4,5) aus gekreuzten unter 45° geneigt verlegten Drähten (14,15) bestehen.

9) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden (4,5) aus gekreuzten horizontal und vertikal verlegten Drähten (14,15) bestehen.

10) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Drähte (14,15) untereinander durch verkupfern oder verzinnen miteinander kontaktiert sind.

1 / 2

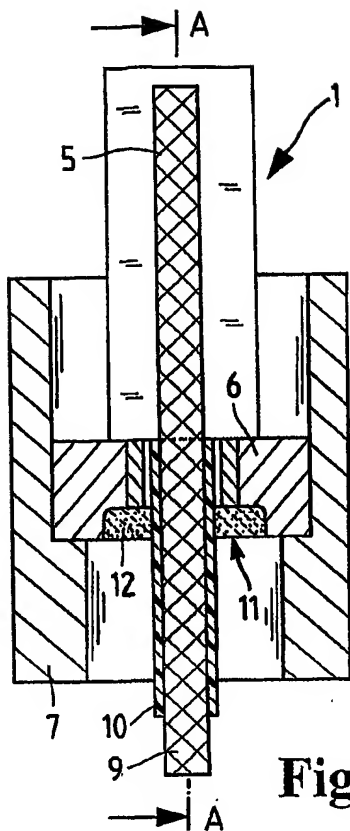


Fig.1

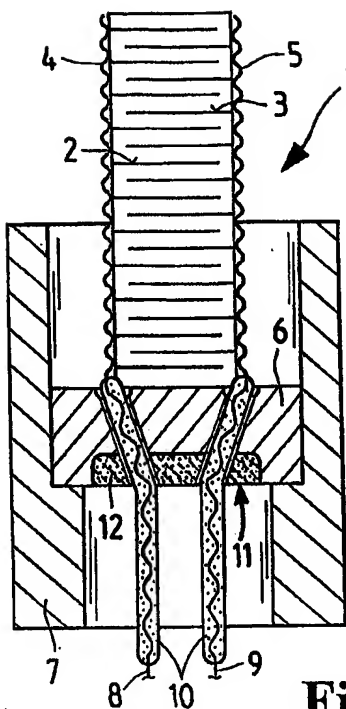


Fig.2

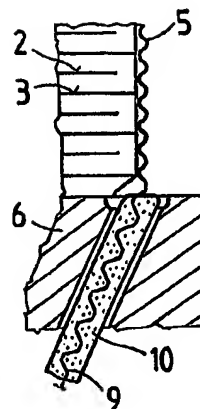


Fig.3

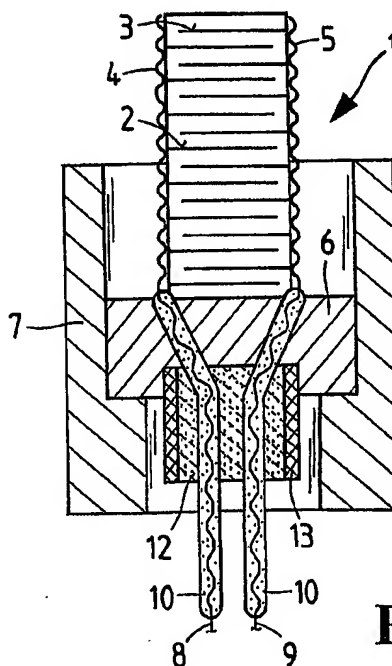


Fig.4

2 / 2

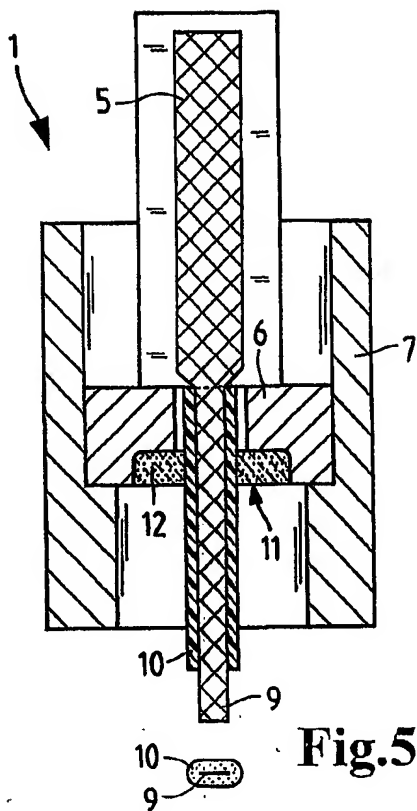


Fig. 5

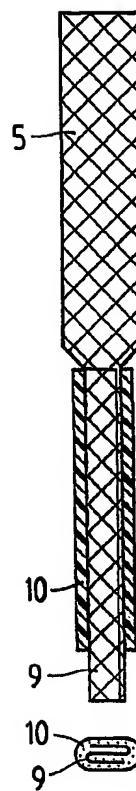


Fig. 6

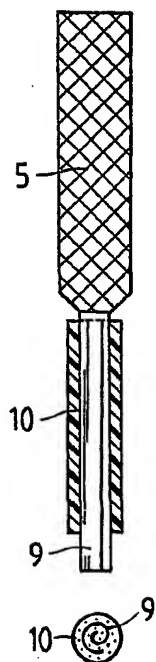


Fig. 7

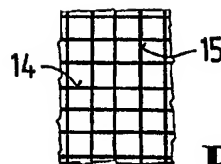


Fig. 8

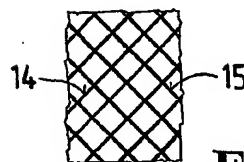


Fig. 9

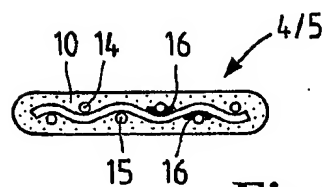


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Intern: Application No
 PCT/DE 01/01328

 A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 H01L41/083 H01L41/047

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10 June 1999 (1999-06-10) column 2, line 10 -column 3, line 27; figures 2,3	1,2
A	DE 33 30 538 A (SIEMENS AG) 14 March 1985 (1985-03-14) page 7, line 7 -page 9, line 12; figures 2,3	1,9
A	DE 32 23 801 A (SIEMENS AG) 29 December 1983 (1983-12-29) page 4, line 17 -page 8, line 25; figures	1,9
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) column 2, line 12 -column 4, line 41; figures 3,4	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 September 2001

Date of mailing of the international search report

10/09/2001

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

Internat. Application No
PCT/DE 01/01328

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19753930 A	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
DE 3330538 A	14-03-1985	NONE	
DE 3223801 A	29-12-1983	NONE	
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A US 6208026 B	28-05-1998 25-08-1998 27-03-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen
PCT/DE 01/01328

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L41/083 H01L41/047

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10. Juni 1999 (1999-06-10) Spalte 2, Zeile 10 - Spalte 3, Zeile 27; Abbildungen 2,3	1,2
A	DE 33 30 538 A (SIEMENS AG) 14. März 1985 (1985-03-14) Seite 7, Zeile 7 - Seite 9, Zeile 12; Abbildungen 2,3	1,9
A	DE 32 23 801 A (SIEMENS AG) 29. Dezember 1983 (1983-12-29) Seite 4, Zeile 17 - Seite 8, Zeile 25; Abbildungen	1,9
	--- -/-- ---	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. September 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/09/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2260 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Köpf, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01328

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) Spalte 2, Zeile 12 -Spalte 4, Zeile 41; Abbildungen 3,4</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/DE 01/01328

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19753930 A	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
DE 3330538 A	14-03-1985	KEINE	
DE 3223801 A	29-12-1983	KEINE	
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A US 6208026 B	28-05-1998 25-08-1998 27-03-2001

DERWENT-ACC-NO: 2001-182496
DERWENT-WEEK: 200118
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelement has multilayer structure produced by folding
has piezo
layers consisting of continuous foil folded during manufacture with
conducting
electrodes

INVENTOR: BOECKING, F

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028181 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
DE 19928181 A1	January 11, 2001	N/A	000
H01L 041/083			
WO 200079612	December 28, 2000	G	016
H01L 041/083			
A1			

DESIGNATED-STATES: CN HU JP KR US AT BE CH CY DE DK ES
FI FR GB GR IE IT LU MC N
L PT SE

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
DE 19928181A1	N/A	1999DE-1028181
		June 19, 1999
WO	N/A	2000WO-DE01628
		May 20,

2000
200079612A1

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079612A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezoelement has a multilayer structure of piezo layers (4) with intervening electrodes (6,7) and alternating contacting of the inner electrodes via outer electrodes (8,9). The individual piezo layers consist of a continuous foil (2) that is folded during manufacture that are wholly or partly provided with the electrically conducting electrodes.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for a method of manufacturing a piezoelement.

USE - For a piezoelectric actuator, e.g. for actuating a mechanical component such as a valve.

ADVANTAGE - The outer electrodes can be simply applied for alternating contact with inner electrodes.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a piezoelement

piezo layers 4

intervening electrodes 6,7

outer electrodes 8,9

foil 2

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/1

TITLE-TERMS:

MULTILAYER STRUCTURE PRODUCE FOLD PIEZO LAYER
CONSIST CONTINUOUS FOIL FOLD
MANUFACTURE CONDUCTING ELECTRODE

DERWENT-CLASS: V06 X25

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U; X25-L01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130315

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79612 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/083,
41/047

Friedrich [DE/DE]; Mainzer Strasse 27, D-70499
Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01628

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, HU, JP, KR, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Mai 2000 (20.05.2000)

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

(30) Angaben zur Priorität:
199 28 181.5 19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

— Mit internationalem Recherchenbericht.
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02
20, D-70442 Stuttgart (DE).

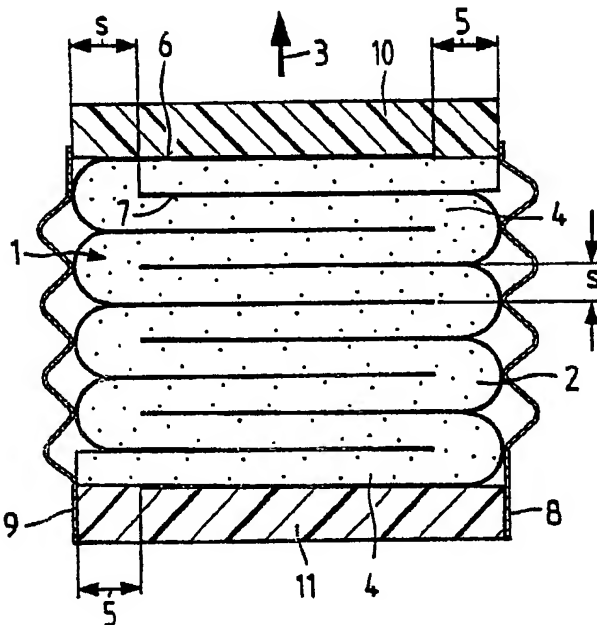
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOECKING,

(54) Title: PIEZO ELEMENT WITH A MULTIPLE-LAYER STRUCTURE PRODUCED BY FOLDING

(54) Bezeichnung: PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTELLTEN MEHRSCICHTBAU



(57) Abstract: The invention relates to a piezo
element with a multiple-layer structure consist-
ing of piezo layers (2) with electrodes (6, 7) ar-
ranged between them. Said piezo element is pro-
vided with alternate side contacting of the elec-
trodes (6, 7) through outer electrodes (8, 9). The
individual piezo layers (2) consist of a consistent
ceramic film that can be folded during the pro-
duction process. Said film is fully or partially
provided with electroconductive electrodes (6, 7)
and the outer electrodes (8, 9) for forming the
alternate contacts are applied to the metallized
layer externally, in the bend area of the bent film.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein
Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von
Piezolagen (2) mit dazwischen angeordneten
Elektroden (6, 7) vorgeschlagen, das mit einer
wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der
Elektroden (6, 7) über Außenelektroden (8,
9) versehen ist. Die einzelnen Piezolagen (2)
bestehen aus einer während der Herstellung
faltbaren durchgängigen Folie aus Keramik, die
ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden
Elektroden (6, 7) versehen sind, wobei jeweils
außen im Biegebereich der gefalteten Folie die

Außenelektroden (8, 9) zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht angebracht sind.

WO 00/79612 A1

PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTELLTEN MEHRSCHICHTBAUStand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und ein Verfahren zu dessen Herstellung, beispielsweise für einen Piezoaktor zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebe-

-2-

reiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Die jeweiligen Innenelektroden sind hierbei jeweils gegenüber den Außenelektroden um einen Bereich versetzt, damit hier kein Kurzschluß erfolgt. Der Aufwand beim Stapeln der einzelnen Piezolagen ist dabei sehr hoch, da bis zu mehreren Hundert einzelne Folienschichten separat verarbeitet werden müssen.

Vorteile der Erfindung

Das eingangs beschriebene Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen, mit dazwischen angeordneten Elektroden und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden, kann in vorteilhafter Weise Bestandteil eines Piezoaktor sein, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen benutzt werden kann. Erfindungsgemäß bestehen die einzelnen Piezolagen aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie aus Piezokeramik, die ganz oder teilweise mit elektrisch leitenden Elektroden versehen sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Folie durch Aufbringen von Lösungsmitteln in vorteilhafter Weise biegsam gemacht worden und beidseitig bis auf einen vorgegebenen Bereich an den Enden in Längsrichtung zur Herstellung der Elektroden metallisiert, beispielsweise auch durch Bedrucken oder Sputtern. Hierbei sind die vorgegebenen Bereiche ohne Elektrodenmaterial am Ende der gefalteten Schichten vorgesehen um keinen Kurzschluss im

Piezoelement nach dem Anbringen von Außenelektroden hervorzurufen.

Jeweils außen im Biegebereich der gefalteten Keramikschicht können auf einfache Weise die Außenelektroden zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht angebracht werden, wobei die Außenelektroden aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bzw. auch aus einer Wellelektroden bestehen können.

Um das gesamte Piezoelement nach außen zu isolieren, ist der Mehrschichtaufbau der Piezolagen jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte versehen.

Bei einem vorteilhaften Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements der zuvor beschriebenen Art werden folgende Herstellungsschritte durchgeführt:

- Die Piezofolie ist durch das Lösungsmittel biegsam und wird in der Breite des Piezoelements geschnitten.
- Die Piezofolie wird auf beiden Seiten bis auf die vorgegebenen Endbereiche metallisiert.
- In vorgegebenen Abständen wird die Piezofolie durch Biegung gefaltet.
- Das gefaltete Paket wird laminiert.
- Das gefaltete Paket wird gesintert.
- Die Außenelektroden werden mittels Löt auf die metallisierte Schicht im Biegebereich aufgebracht.
- Alternativ vor dem Sintern: Auf die äußeren Piezolagen wird jeweils eine elektrisch isolierende Kopf- und Fußplatte aus Piezokeramik aufgebracht.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehre-

-4-

ren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoelements zur Bildung eines Piezoaktors wird anhand der Figur der Zeichnung erläutert, die einen Schnitt durch einen Mehrschichtaufbau des Piezoelements zeigt, der durch Faltung hergestellt ist.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In der einzigen Figur ist ein Piezoelement 1 zur Bildung eines Piezoaktors gezeigt, der aus einer Piezofolie 2 eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung eine mechanische Reaktion des Piezoaktors in Richtung des Pfeiles 3 erfolgt.

Aus der Figur ist erkennbar, dass Piezolagen 4 durch eine Biegung der Piezofolie 2 gebildet sind, wobei die Keramikschicht zuvor in der Breite des Piezoelements 1 geschnitten worden ist und mit einem Lösungsmittel biegbar gemacht wurde. Die Piezofolie 2 wurde vor der Biegung auf beiden Seiten bis auf die vorgegebenen Endbereiche 5 metallisiert, damit sich Elektroden 6 und 7 herausbilden, die nach der Faltung jeweils wechselseitig als Innenelek-

-5-

troden 6 und 7 wirken. Der Abstand der Elektroden 6 und 7 zueinander weist hier den Betrag s auf, entsprechend der Dicke der Piezolagen 4 und entsprechen dem radialen Abstand der Innenelektroden 6, 7 im Biegebereich.

Nach einem Sinterprozess wird das gefaltete Paket der Piezolagen 4 mit Außenelektroden 8 und 9 versehen, die beim gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils aus einer metallischen Wellelektrode bestehen. Im jeweiligen Biegebereich werden die Außenelektroden 8 und 9 mit der metallisierten Schicht auf den Piezolagen 4 elektrisch leitend verbunden, so dass eine elektrische Spannung auf die Innenelektroden 6 und 7 zur Erzeugung des Piezoeffekts aufbringbar ist.

Auf die äußeren Piezolagen 4 ist noch jeweils eine elektrisch isolierende Kopfplatte 10 und eine Fussplatte 11 aufgebracht, durch die das gesamte Piezoelement 1 nach außen hin abisoliert werden kann.

Patentansprüche

1) Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (4) mit dazwischen angeordneten Elektroden (6,7) und mit

- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden (6,7) über Außenelektroden (8,9), wobei
- die einzelnen Piezolagen (4) aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie (2) (aus Keramik ?) bestehen, die ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden Elektroden (6,7) versehen sind.

2) Piezoelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Folie (2) durch Lösungsmittel biegsam ist und beidseitig bis auf einen vorgegebenen Bereich (5) an den Enden in Längsrichtung zur Herstellung der Elektroden (6,7) metallisiert ist und dass

-7-

- jeweils außen im Biegebereich der gefalteten Folie (2) die Außenelektroden (8,9) zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht angebracht sind.
- 3) Piezoelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Außenelektroden (8,9) aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bestehen.
- 4) Piezoelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Außenelektroden aus Wellelektroden (8,9) bestehen.
- 5) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- der Mehrschichtaufbau der Piezolagen (4) jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte (10,11) versehen ist.
- 6) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
- das Piezoelement (1) Bestandteil eines Piezoaktor ist, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen heranziehbar ist.

-8-

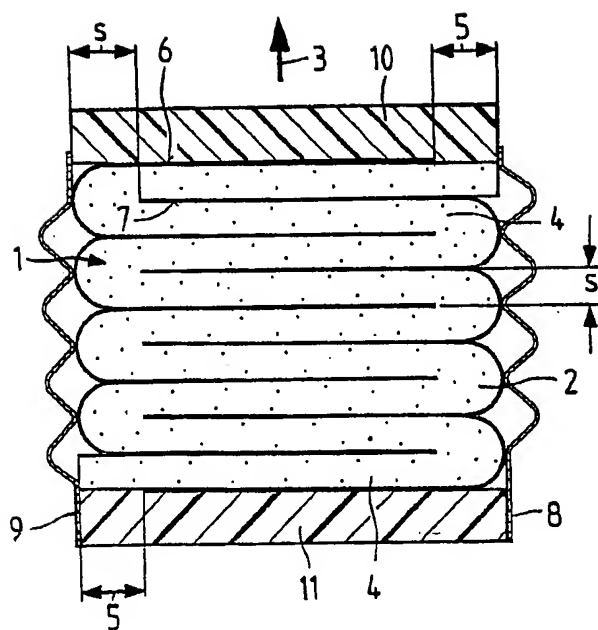
7) Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Piezofolie (2) in der Breite des Piezoelements (1) geschnitten und mit dem Lösungsmittel biegsam gemacht wird, dass
- die Piezofolie (2) auf beiden Seiten bis auf die vorgegebenen Endbereiche (5) metallisiert wird, dass
- die Piezofolie (2) in vorgegebenen Abständen durch Biegung gefaltet wird, dass
- das gefaltete Paket nach dem laminieren gesintert wird und dass
- die Außenelektroden (8,9) mittels Löt auf die metallisierte Schicht im Biegebereich aufgebracht wird.

8) Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass

- auf die äußeren Piezolagen (4) vor dem Sintern eine elektrisch isolierende Kopf- und Fußplatte (10,11) aus Piezokeramik aufgebracht wird.

1 / 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/01628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L41/083 H01L41/047

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14 July 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP), 17 April 1989 (1989-04-17)	1
A	abstract -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP) 17 April 1989 (1989-04-17) page 2, right-hand column; figures	7
A	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, vol. 187, November 1979 (1979-11), pages 627-628, XP002148391 ISSN 0374-4353 page 628, right-hand column; figures 2-4 --- -/-	1,4,7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 September 2000

Date of mailing of the international search report

17/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/01628

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document	3,4,6,7

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1982)

page 2 of 2

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

Internat Application No
PCT/DE 00/01628

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 01097604 A	17-04-1989	NONE	
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998

Form PCT/ISA210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. des Aktenzeichens

PCT/DE 00/01628

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L41/083 H01L41/047

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14. Juli 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP), 17. April 1989 (1989-04-17)	1
A	Zusammenfassung -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP) 17. April 1989 (1989-04-17) Seite 2, rechte Spalte; Abbildungen	7
A	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, Bd. 187, November 1979 (1979-11), Seiten 627-628, XP002148391 ISSN 0374-4353 Seite 628, rechte Spalte; Abbildungen 2-4	1,4,7
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindetischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindetischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. September 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/10/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Les. Aktenzeichen

PCT/DE 00/01628

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument	3,4,6,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/DE 00/01628

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 01097604 A	17-04-1989	KEINE	
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A	28-05-1998
		JP 10229227 A	25-08-1998

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Juli 1992)

DERWENT-ACC-NO: 2001-182492
DERWENT-WEEK: 200209
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezo actuator e.g. for fuel injection valve in motor vehicle,
has
outer electrode adapted for thermal expansion, expansion zones
between piezo
layers, and passive zones with matched expansion coefficients

INVENTOR: HEDRICH, A; HEINZ, R

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028190 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
KR 2001072510	July 31, 2001	N/A	000 H01L
041/08			
A	December 28, 2000	G	015 H01L
041/047			
WO 200079608	January 11, 2001	N/A	000
H01L 041/083			
A1	June 27, 2001	G	000 H01L
041/047			
DE 19928190 A1	August 15, 2001	N/A	000
H01L 041/047			
EP 1110250 A1			
CZ 200100578			
A3			

DESIGNATED-STATES: CZ JP KR US AT BE CH CY DE DK ES FI
FR GB GR IE IT LU MC NL P

T SE AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV
MC MK NL PT RO SE SI

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
KR2001072510A	N/A	2001KR-0701954	February 15, 2001
WO	N/A	2000WO-DE01930	June 19, 2000
200079608A1	N/A	1999DE-1028190	June 19, 1999
DE 19928190A1	N/A	2000EP-0949090	June 19, 2000
EP 1110250A1	N/A	2000WO-DE01930	June 19, 2000
EP 1110250A1	Based on	WO 200079608	N/A
EP 1110250A1	N/A	2000WO-DE01930	June 19, 2000
CZ	N/A	2001CZ-0000578	June 19, 2000
200100578A3	Based on	WO 200079608	N/A
CZ			
200100578A3			
CZ			
200100578A3			

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/08 ; H01L041/083

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079608A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezoelectric actuator has a multilayer structure of ceramic piezo layers and intervening internal electrodes (2,3) with alternating lateral contacts for the internal electrodes via external electrodes (6,7) carrying an electrical voltage. There are a first external electrode (6) in the form of a conducting surface and a second, mesh-like or corrugated electrode (7) in contact with the first at points with

expansion

areas between the piezo layers have passive zones (10) without internal electrode layers, in which the piezo material and the external electrode material have approximately equal thermal coefficients of expansion.

USE - E.g. for actuating a mechanical component such as a fuel injection valve in motor vehicle.

ADVANTAGE - Overcomes certain problems arising from mechanical stresses with a multilayer structure.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of the layer structure of a piezo actuator

internal electrodes 2,3

external electrodes 6,7

passive zones 10

CHOSEN-DRAWING: Dwg.3/3

TITLE-TERMS:

PIEZO ACTUATE FUEL INJECTION VALVE MOTOR VEHICLE
OUTER ELECTRODE ADAPT THERMAL
EXPAND EXPAND ZONE PIEZO LAYER PASSIVE ZONE MATCH
EXPAND COEFFICIENT

DERWENT-CLASS: V06 X22

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U03; X22-A02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130311

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

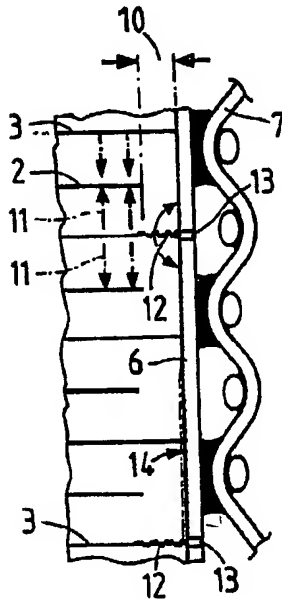
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79608 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/047, 41/083 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01930 (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, D-71272 Renningen (DE). HEDRICH, Alexander [DE/DE]; Grundstr. 6, D-70499 Stuttgart (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 19. Juni 2000 (19.06.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, JP, KR, US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (30) Angaben zur Priorität: 199 28 190.4 19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR WITH AN OUTER ELECTRODE THAT IS ADAPTED FOR THERMAL EXPANSION

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR MIT WÄRMEDEHNUNGSANGEPASSTER AUSSENELEKTRODE



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator, e.g. for activating a mechanical component. The inventive piezoelectric actuator has a multilayered structure of piezoelectric layers with inner electrodes (2, 3) situated in between. A first outer electrode (6) is applied to a lateral surface and provides a conductive surface, said lateral surface being connected to the respective inner electrodes (2, 3). A second mesh- or woven-type outer electrode (7) is located on the first (6). A passive area (10) without an inner electrode layer is provided in the areas of the piezoelectric layers, which each have an inner electrode (2, 3) that is connected to the opposite side, respectively. The ceramic piezoelectric material, at least in the passive area (10), and the material of the two outer electrodes (7) have an almost identical temperature expansion coefficient, which reduces the effects of mechanical tensions in the piezoelectric actuator. The second outer electrode (7) preferably consists of a nickel-iron alloy such as invar and the piezoceramic consists of lead zirconate titanate.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einen Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3) aufweist. Eine erste Aussenelektrode (6) ist als eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert ist und eine zweite netz- oder gewebeartige Aussenelektrode (7) ist auf der ersten (6) angeordnet. In den Bereichen der Piezolagen, die jeweils eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Innenelektrode (2, 3) aufweisen, ist eine passive Zone (10) ohne Innenelektroden-schicht vorhanden. Das keramische Piezomaterial zumindest in der passiven Zone (10) und das Material der zweiten Aussenelektroden (7) weisen dabei einen nahezu

gleichen Temperatúrausdehnungskoeffizienten auf, wodurch der Einfluss von mechanischen Spannungen im Piezoaktor vermindert werden kann. Bevorzugt besteht die zweite Außenelektrode (7) aus einer Nickel-Eisen-Legierung wie Invar. und die Piezokeramik aus Bleizirkonettitanat.

WO 00/79608 A1



Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

PIEZOAKTOR MIT WÄRMEDEHNUNGSANGEPASSTER AUSSENELEKTRODE

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die

-2-

elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

Solche Piezoaktoren könne beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine störenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschlusselektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechseln an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden. Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d.h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass bei einem Mehrschichtaufbau von keramischen Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden, als eine erste Außenelektrode eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht ist, die mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist und eine zweite netz-, gewebeartige oder gewellte Außenelektrode auf der ersten angeordnet ist. Die zweite Außenelektrode ist

-3-

zumindest punktwiese mit der ersten kontaktiert, wobei zwischen den Kontaktierungen dehnbare Bereiche zu liegen kommen.

In den Bereichen zwischen zwei Piezolagen, die jeweils eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Innenelektrode aufweisen, ist eine passive Zone ohne Innenelektrodenschicht vorhanden, wobei erfindungsgemäß das keramische Piezomaterial zumindest in der passiven Zone und das Material der zweiten Außenelektrode einen nahezu gleichen Temperatúrausdehnungskoeffizienten aufweisen.

Die erste Außenelektrode kann eine dünne, z.B. einige μm dicke Schicht aus Ni, Ni+Cu oder Ni+PbSn sein, die direkt auf der Oberfläche des Piezoaktors haftet; die zweite Außenelektrode ist hier zum Schutz gegen Querrisse angeordnet, die die Stromleitung in der Außenelektrode unterbrechen kann. Die Querrisse können an der ersten Außenelektrode durch Delamination in den Innenelektroden, infolge von Zugspannungen in den Piezolagen in den passiven Zonen, entstehen. Durch die Anordnung der netzartigen zweiten Außenelektrode werden die Querrisse gestoppt und die ev. in der ersten Außenelektrode unterbrochene Stromleitung überbrückt.

Außerdem kommt es bei schnellen Temperaturwechseln von beispielsweise -40°C bis $+160^{\circ}\text{C}$ im Piezoaktor auch ev. zu Ablösungen zwischen der ersten Außenelektrode und der Piezokeramik infolge zu großer Schubspannungen, wenn die Temperatúrausdehnungskoeffizienten des Piezokeramikmaterials und des Materials der Außenelektroden zu sehr voneinander abweichen. Insbesondere die zweite Außenelektrode würde dann wegen der größeren Dicke (ca. $100\ \mu\text{m}$) im Vergleich zur ersten Schicht (ca. $5\ \mu\text{m}$) große Schubkräfte erzeugen.

-4-

In besonders vorteilhafter Weise können die mechanischen Spannungen im Piezoaktor vermindert werden, wenn die keramischen Piezolagen und die zweiten Außenelektroden einen annähernd übereinstimmenden Temperatúrausdehnungskoeffizienten von ca. $1 \cdot 10^{-6} \cdot 1/K$ bis $10 \cdot 10^{-6} \cdot 1/K$ aufweisen. Als Herstellungsmaterial kommt dabei für die keramischen Piezolagen Bleizirkonattitanat und für die zweiten Außenelektroden Eisen-Nickel-Legierungen, z.B. Invar, in Frage. Zur Verbesserung der Lötbarkeit dieses Materials kann es zunächst mit einer dünnen (z.B. $5 \times 10 \mu m$) Schicht aus Kupfer beschichtet werden. Danach kann eine Sn-Pb-Lötschicht aufgebracht werden, um die zweite Außenelektrode auf die erste aufzulöten.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoaktors wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und Innenelektroden sowie einer netzartigen Außenelektrode auf einer ersten flächigen Außenelektrode;

Figur 2 eine Draufsicht auf die netzartige Außenelektrode nach der Figur 1 und

Figur 3 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau und die Außenelektroden in passiven Zonen der Piezolagen mit den dort durch auftretende mechanische Schub- und Querspannungen entstehenden Rissen.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 2 und 3 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt. Aus Figur 2 ist eine Seitenansicht dieser Anordnung zu entnehmen.

Mit den Innenelektroden 2 und 3 steht eine erste flächige Außenelektrode 6 in Kontakt, die wiederum mit einer zweiten netzartigen Außenelektrode 7 über Punktkontakte 8, beispielsweise durch Löten oder Schweißen, kontaktiert ist. Die erste Außenelektrode 6 kann eine dünne, z.B. einige μm dicke, Schicht aus Ni, Ni+Cu oder Ni+PbSn sein, die direkt auf der Oberfläche des Piezoaktors 1 haftet.

Beim Detailschnitt nach Figur 3 ist der Lagenaufbau und sind die seitlich anliegenden Außenelektroden 6 und 7 nach den Figuren 1 und 2 deutlich zu erkennen. Es ist hier eine passive Zone 10 angedeutet, in der das elektrische Feld gemäß der Pfeile 11 nicht stark ausgeprägt ist, wodurch die Dehnung des Piezoaktors 1 nicht frei erfolgt sondern über Zugspannung im Keramikmaterial des Piezoaktors 1 erzwungen wird. Dadurch können Delaminationen 12

-6-

entstehen, die hier an einigen Innenelektroden 3 angedeutet sind. Die Delamination 12 kann dabei in einen Riss 13 in der ersten Außenelektrode 6 übergehen. Allerdings wird der Riss 13 durch die netzartige zweite Außenelektrode 7 gestoppt und leitend überbrückt.

Weiterhin sind in der Figur 3 auch Schubrisse 14 angedeutet, die zwischen dem Keramikmaterial der Piezolagen und der ersten Außenelektrode 6 durch unterschiedliche Temperaturexpansion der Pizokeramik und der zweiten Außenelektrode 7 entstehen können. Die relativ dünne erste Außenelektrode 6 hat hier keinen großen Einfluss.

Patentansprüche

1) Piezoaktor, mit

- einem Mehrschichtaufbau von keramischen Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2,3),
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2,3) über Außenelektroden (6,7), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei
- als eine erste Außenelektrode (6) eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht ist, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und eine zweite netz-, gewebeartige oder gewellte Außenelektrode (7) auf der ersten (6) angeordnet ist, wobei die zweite Außenelektrode zumindest punktwise mit der ersten (6) kontaktiert ist und wobei zwischen den Kontaktierungen dehnbare Bereiche zu liegen kommen und wobei
- in den Bereichen der Piezolagen, die jeweils eine an der jeweils gegenüberliegenden Seite kontaktierte Innenelektrode (2,3) aufweisen eine passive Zone (10) ohne Innenelektrodenschicht vorhanden ist und das keramische Piezomaterial zumindest in der passiven Zone

-8-

(10) und das Material der zweiten Außenelektroden (7) einen nahezu gleichen Temperatúrausdehnungskoeffizienten aufweisen.

2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

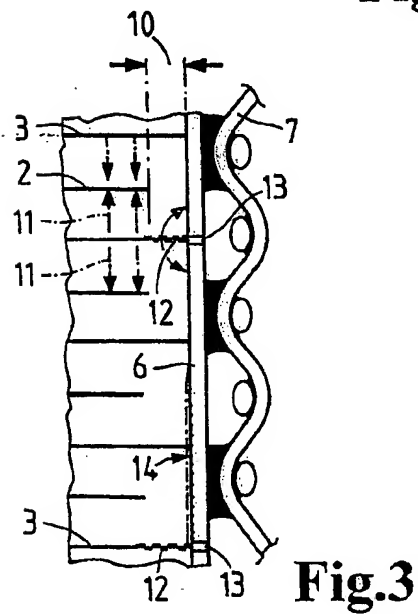
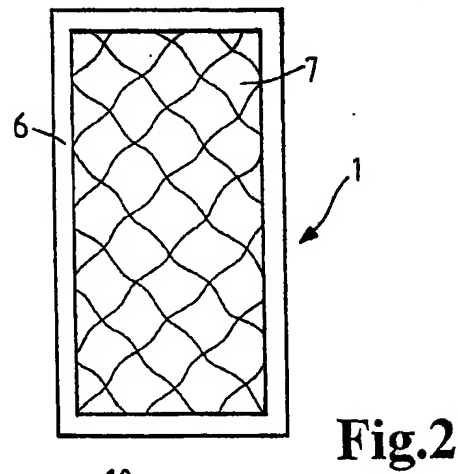
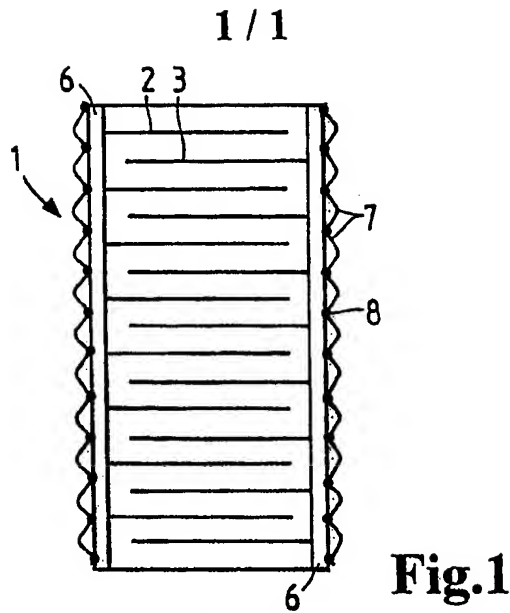
- die keramischen Piezolagen und die zweiten Außenelektroden (7) einen Temperatúrausdehnungskoeffizienten von ca. $1 \cdot 10^{-6} \cdot 1/K$ bis $10 \cdot 10^{-6} \cdot 1/K$ aufweisen.

3) Piezoaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die keramischen Piezolagen aus Bleizirkonattitanat sind.

4) Piezoaktor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die zweiten Außenelektroden (7) aus einer Eisen-Nickel-Legierung, gegebenenfalls mit einer Kupferbeschichtung, hergestellt sind.



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 00/01930

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L41/047 H01L41/083

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document	1, 3
A	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10 June 1999 (1999-06-10) the whole document	1, 4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26 December 1995 (1995-12-26) & JP 07 226544 A (NIPPONDENSO CO LTD), 22 August 1995 (1995-08-22) abstract	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 October 2000

Date of mailing of the international search report

27/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE 00/01930

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
DE 19753930 A	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
JP 07226544 A	22-08-1995	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internatic s Aktenzeichen

PCT/DE 00/01930

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L41/047 H01L41/083

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument	1,3
A	DE 197 53 930 A (CERAMTEC AG) 10. Juni 1999 (1999-06-10) das ganze Dokument	1,4
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26. Dezember 1995 (1995-12-26) & JP 07 226544 A (NIPPONDENSO CO LTD), 22. August 1995 (1995-08-22) Zusammenfassung	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"G" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Oktober 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/10/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE 00/01930

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
DE 19753930 A	10-06-1999	WO 9930374 A EP 1036419 A	17-06-1999 20-09-2000
JP 07226544 A	22-08-1995	KEINE	

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

DERWENT-ACC-NO: 2002-082711

DERWENT-WEEK: 200211

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelectric multilayered actuator for fuel injection has a stack of thin piezo-active insulating layers holding inner electrodes leading alternately out of the stack and connecting in parallel via outer electrodes.

INVENTOR: HEINZ, R; SUGG, B

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1017975 (April 11, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
DE 10017975 A1	October 25, 2001	N/A	000
H01L 041/047			
WO 200178158	October 18, 2001	G	021
H01L 041/047			
A1			

DESIGNATED-STATES: CZ JP KR AT BE CH CY DE DK ES FI FR
GB GR IE IT LU MC NL PT S
E TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
DE 10017975A1	N/A	2000DE-1017975
		April 11, 2000
WO	N/A	2001WO-DE00651
		February

21, 2001
200178158A1

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083 ; H02N002/04

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200178158A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - One or more outer electrodes has a conducting layer and an interwoven structure (5) connected to the conducting layer in certain places. The interwoven structure comprises weft threads (10) and warp threads (11), which form lozenge-shaped gaps or mesh (12) with an inner angle (16) that is adapted to piezo material.

USE - In internal combustion engine fuel injection, e.g. common-rail diesel injectors.

ADVANTAGE - The interwoven structure is embodied and connected to the conducting layer in such a way that forces arising from stack contraction or dilation during the operation of a multilayered actuator in the area of the outer electrodes can be compensated inside the interwoven structure.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows an interwoven structure in the form of a filter with lozenge-shaped mesh.

Interwoven structure 5

Weft thread 10

Warp thread 11

Lozenge-shaped gap or mesh 12

Inner angle 16

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

TITLE-TERMS:

**PIEZOELECTRIC MULTILAYER ACTUATE FUEL INJECTION
STACK THIN PIEZO ACTIVE
INSULATE LAYER HOLD INNER ELECTRODE LEADING
ALTERNATE STACK CONNECT PARALLEL
OUTER ELECTRODE**

DERWENT-CLASS: V06 X22

EPI-CODES: V06-M06D3; V06-U03; X22-A02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2002-061669



(57) Zusammenfassung: Es wird ein Vielschichtaktor mit einem Stapel (31) dünner Isolierschichten (20) aus einem piezoaktiven Material vorgeschlagen, wobei eingelagerte, wechselseitig aus dem Stapel (31) herausführende Innenelektroden (21, 22) über einer jeweiligen Seite des Stapels (31) zugeordnete Außenelektroden (23, 24) elektrisch parallel geschaltet sind. Weiter weist mindestens eine der Außenelektroden (23, 24) eine Leitschicht (15) und ein mit der Leitschicht (15) stellenweise verbundenes Geflecht (5) auf, das derart ausgebildet und stellenweise mit der Leitschicht (15) verbunden ist, dass bei Betrieb des Vielschichtaktors im Bereich der Außenelektroden (23, 24) auftretende Kräfte aufgrund einer Längskontraktion/Längsdilatation des Stapels (31) innerhalb des Geflechtes (5) zumindest weitgehend ausgeglichen werden. Insbesondere weist das Geflecht (5) Schuss- (10) und Kettfäden (11) auf, die rautenförmige Zwischenräume bzw. Maschen (12) mit an das piezoaktive Material angepasstem Innenwinkel (16) bilden.

- 1 -

5

Piezoelektrischer Vielschichtaktor

Die Erfindung betrifft einen Vielschichtaktor mit einem Stapel dünner Isolierschichten aus einem piezoaktiven Material nach der Gattung des Hauptanspruches.

10

Stand der Technik

Bekannte piezoelektrische Vielschichtaktoren, wie sie beispielsweise in Common-Rail-Dieselinjektoren bzw. in der Benzin-Direkteinspritztechnik eingesetzt werden, zeigen je nach Geometrie der eingesetzten Innenelektroden teilweise Delaminationsstellen im Bereich inaktiver Zonen des Vielschichtaktors, d. h. insbesondere im Randbereich, was schließlich zu Rissen in den außen angebrachten Außenelektroden führen kann. Diese Risse führen zu einer Unterbrechung der Stromzufuhr zu Teilen des Vielschichtaktors, so dass einzelne Isolierschichten mit piezoaktivem Material oder Gruppen von solchen Isolierschichten von der außen anliegenden Spannungsversorgung getrennt und damit inaktiv sind.

15

20

25

Ein monolithischer Vielschichtaktor, wie er auch Ausgangspunkt für die vorliegende Erfindung war, ist beispielsweise aus DE 196 48 545 A1 bekannt, wobei auch bereits das Problem der Delamination und der Ausbildung von Rissen in dem Piezoaktor diskutiert wird.

30

Zur Vermeidung dieser Delaminationen bzw. der Ausbildung von Rissen wird dort vorgeschlagen, die Seitenfläche des Piezoaktors mit einer Grundmetallisierung zu versehen und auf

35

- 2 -

dieser Grundmetallisierung dann eine dreidimensional strukturierte, elektrisch leitende Elektrode anzuordnen, die mit der Grundmetallisierung über Kontaktstellen oder Lötstellen verbunden und gleichzeitig zwischen den einzelnen Kontaktstellen dehnbar ausgebildet ist. Darüber hinaus wird dort bereits vorgeschlagen, diese dreidimensional strukturierte Elektrode in Form eines Drahtgewirkes bzw. eines Drahtgeflechtes auszubilden, das eine wellenförmige oder fischgrätenförmige Strukturierung aufweist.

Durch die vorgeschlagene dreidimensional strukturierte Ausbildung der Elektrode soll erreicht werden, dass die bei Betrieb des Vielschichtaktors insbesondere in den Randbereichen entstehenden Dehnkräfte durch die Struktur der Außenelektrode kompensiert werden, so dass die Lötstellen bzw. Kontaktstellen möglichst wenig beansprucht werden und nicht abreißen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war, eine zu der in DE 196 48 545 A1 vorgeschlagenen Lösung alternative Ausführungsform bereitzustellen, wobei durch eine spezielle Ausbildung der Außenelektrode auf eine dreidimensionale Strukturierung insbesondere auch verzichtet werden kann. Darüber hinaus sollen durch die Struktur der Außenelektrode in den Außenelektroden auftretende Kräfte, die durch eine Längskontraktion bzw. Längsdilatation und eine dadurch ebenfalls hervorgerufene Querdehnung bzw. Querstauchung verursacht werden, kompensiert werden.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Vielschichtaktor hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass bei Betrieb des Vielschichtaktors im Bereich der Außenelektroden auftretende Kräfte, d. h. sowohl Längskräfte als auch Querkräfte, zumin-

- 3 -

dest weitgehend ausgeglichen werden können, so dass bei Betrieb im Wesentlichen keine Kräfte auf den als Geflecht ausgebildeten Teil der Außenelektroden übertragen werden. Somit werden die Lötstellen oder Kontaktstellen deutlich entlastet und ausfallsicher. Insbesondere ist es nun auch nicht mehr erforderlich, dass das als Teil der Außenelektroden ausgebildete Geflecht die Dehnungen bzw. Dilatationen des Aktors zu einem großen Teil mit macht. Insgesamt wird somit einerseits eine Delamination der Außenelektroden und eine Rissbildung in den Vielschichtaktor vermieden, und andererseits werden die erzeugten Lötstellen deutlich entlastet.

Darüber hinaus hat der erfindungsgemäße Vielschichtaktor den Vorteil, dass auch bei einem unvorhergesehenen Abreißen einer Lötstelle stets ausreichend viele stromführende Pfade als Überbrückungsmöglichkeiten dieser abgerissenen Lötstelle zur Verfügung stehen, so dass das Auftreten von inaktiven Isolationsschichten weitgehend vermieden werden kann.

Dadurch dass die Außenelektroden ein Geflecht aufweisen, das eine siebähnliche Struktur hat, lässt sich zudem nun auch der Lötprozess, d. h. das stellenweise Verlöten des aufgetragenen Geflechtes mit der darunter befindlichen, in unmittelbarem Kontakt mit den Innenelektroden stehenden Leitschicht einerseits und das stellenweise Verlöten des aufgetragenen Geflechtes mit mit einer äußeren Spannungsversorgung in Verbindung stehenden Anschlußkontakten andererseits, effektiv und zuverlässig ausführen und kontrollieren.

Schließlich ist es durch die Struktur des Geflechtes nun auch in einfacher Weise möglich, beim Löten eingesetzte Flussmittel bzw. verbliebene Flussmittelreste auszuwaschen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

- 4 -

5 So kann es vorteilhaft sein, wenn das Geflecht in Form eines Siebes ausgeführt und gleichzeitig die Schuss- und Kettfäden dieses Geflechtes bzw. Siebes eng aufeinander liegen. In diesem Fall wird eine elastische Deformation der Schuss- bzw. Kettfäden bei einer Dehnung des Vielschichtaktors eingeschränkt.

10 Weiterhin ist vorteilhaft, dass das beim Verlöten eingesetzte Lot nur teilweise in die Schnittstellen (Lötstellen) zwischen Schuss- und Kettfäden einfließen und dort zusätzlich die Dehnung bzw. die elastische Deformation des Geflechtes behindern kann.

15 Ganz besonders vorteilhaft ist, wenn die Schussfäden und die Kettfäden des aufgebrachten Geflechtes derart miteinander verwoben bzw. verflochten sind, dass die sich einstellenden Zwischenräume, d. h. die Maschen, zumindest näherungsweise die Form einer Raute aufweisen. Diese Raute ist dabei bevorzugt derart orientiert, dass eine der Diagonalen dieser Raute parallel zu einer beim Betrieb des Stapels auftretenden Längskontraktion oder Längsdilatation ausgerichtet ist.

25 Eine besonders vorteilhafte Weiterführung der Erfindung sieht zudem vor, den Innenwinkel dieser Raute über die bei Betrieb auftretende relative Längenänderung bzw. die relative Querkontraktion des Vielschichtaktors zu definieren. Durch eine definierte Einstellung dieses Winkels auf einen vorgegebenen Wert kann eine zumindest nahezu vollständige
30 Aufhebung der Längs- und Querkräfte in dem Geflecht erreicht werden. Dabei ist weiterhin vorteilhaft, dass sich dieser Innenwinkel der Raute unabhängig von der konkreten relativen Längenänderung bzw. relativen Querkontraktion des Vielschichtaktors über die piezoelektrischen Koeffizienten des

- 5 -

piezoaktiven Materials der Isolierschichten in eindeutiger Weise festlegen lässt.

5 Somit kann durch die Ausbildung des als Teil der Außenelektroden aufgebrauchten Geflechtes in Form eines Siebes mit rautenförmigen Maschen mit definiertem Innenwinkel eine mechanische Belastung dieses Geflechtes nahezu vollständig vermieden werden. Durch die rautenförmige Ausbildung der Maschen des Siebes und das definierte Auflöten dieses Siebes
10 auf die auf der Seitenfläche des Vielschichtaktors aufgebraachte Leitschicht tritt insbesondere auch keine Dehnung in den Drähten des Siebes bzw. Geflechtes auf. Das Auflöten erfolgt im Übrigen bevorzugt derart, dass der genannten Innenwinkel quer zur Richtung der Längsdilatation oder Längskontraktion ausgerichtet ist.
15

Das aufgebraachte Geflecht kann vorteilhaft vor dem Verlöten einerseits durch Recken in die richtige Rautenform gebracht werden oder andererseits bereits so gewebt bzw. hergestellt
20 werden.

Insgesamt hat der erfindungsgemäße Vielschichtaktor mit dem als Teil der Außenelektrode ausgebildeten Geflecht den Vorteil einer einfachen Herstellung und deutlich verringerter
25 Ausfallraten.

Zeichnungen

30 Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt Figur 1 ein Geflecht in Form eines Siebes mit rautenförmigen Maschen, Figur 2 eine Ausschnittvergrößerung aus Figur 1, und Figur 3 einen Vielschichtaktor mit einem Geflecht gemäß Figur 1 als Teil der Außenelektroden.
35

- 6 -

Ausführungsbeispiele

Die Figur 3 zeigt zunächst einen Schnitt durch einen an sich bekannten Vielschichtaktor 30 in Form eines Stapels 31 piezoaktiver, insbesondere keramischer Isolierschichten 20 mit dazwischen eingelagerten, metallischen Innenelektroden 21, 22. Die Innenelektroden 21, 22 sind wechselseitig aus dem Stapel 31 herausgeführt und über zugeordnete Außenelektroden 23, 24 elektrisch parallel geschaltet. Zur Parallelschaltung der Innenelektroden 21, 22 ist auf den Kontaktseiten des Stapels 31 eine Grundmetallisierung in Form einer Leitschicht 15 aufgebracht, insbesondere aufgelötet, die eine typische Dicke von 2 Mikrometer bis 60 Mikrometer aufweist. Alternativ zum Auflöten kann die Leitschicht 15 auch durch Siebdruck oder galvanisch aufgebracht sein.

Darüber hinaus ist in Figur 3 dargestellt, dass die auf den Kontaktflächen bzw. Seitenflächen des Stapels 31 aufgebrachte Leitschicht 15 jeweils mit einem Geflecht 5 über Lötstellen 13 in Verbindung steht, was im Folgenden noch im Detail erläutert wird.

In Figur 3 ist weiter angedeutet, dass bei Betrieb des Vielschichtpiezoaktors 30 eine Längenänderung Δl in Längsrichtung auftritt. Diese Längenänderung kann je nach von außen angelegter Spannung eine Längskontraktion oder eine Längsdilatation sein. Die Längsrichtung ist in Figur 3 im übrigen durch die y-Richtung gekennzeichnet. Durch die Längenänderung in y-Richtung tritt zwangsläufig auch eine Querkontraktion oder Querdilatation Δb in x-Richtung und z-Richtung auf. Weitere Details zu dem, abgesehen von der Struktur des Geflechtes 5, bekannten Vielschichtaktor 30 können der DE 196 48 545 A1 entnommen werden. Darüber hinaus sind derartige monolithische Vielschichtaktoren auch in DE 40 36 287 C2 beschrieben.

- 7 -

Die Figur 1 erläutert im Einzelnen die Struktur des Geflech-
tes 5 gemäß Figur 3, das stellenweise auf die Leitschicht 15
aufgelötet ist. Das Geflecht 5 besteht dabei aus zumindest
5 weitgehend parallel zueinander verlaufenden Schussfäden 10
und zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufenden
Kettfäden 11, die in ihren Schnittstellen 13 miteinander
verbunden, insbesondere miteinander verlötet sind. Die
Schussfäden 10 und die Kettfäden 11 sind im erläuterten Bei-
10 spiel aus elektrisch leitfähigen Fäden, insbesondere metal-
lischem Draht, gefertigt, der bevorzugt einen Durchmesser
von 10 Mikrometer bis 250 Mikrometer, insbesondere
50 Mikrometer bis 150 Mikrometer, aufweist.

15 Das Geflecht 5 hat somit die Form eines Siebes, wobei die
Schnittstellen 13 von Schussfäden 10 und Kettfäden 11 mit-
einander verbunden sind. Weiterhin sind die Schussfäden 10
und die Kettfäden 11 in dem Geflecht 5 derart miteinander
verwoben bzw. verflochten, dass sich die einstellenden Zwi-
20 schenräume 12, d. h. die sich bildenden Maschen, zumindest
näherungsweise die Form einer Raute aufweisen. Das Geflecht
5 ist dabei derart orientiert bzw. derart auf die Leit-
schicht 15 aufgebracht, dass eine erste Diagonale 26 der
rautenförmigen Zwischenräume 12 parallel zu der beim Betrieb
25 des Stapels 31 auftretenden Längskontraktion bzw. Längsdila-
tation ausgerichtet ist. Die erste Diagonale 26 ist somit
parallel der y-Richtung orientiert, während die zweite Dia-
gonale der rautenförmigen Zwischenräume 12 parallel zu der
x-Richtung oder der z-Richtung orientiert ist.

30 Die Maschenweite der Zwischenräume 12, d. h. die Abstände
der Schussfäden 10 voneinander bzw. der Kettfäden 11 vonein-
ander beträgt typischerweise 30 Mikrometer bis 400 Mikrome-
ter, insbesondere 100 Mikrometer bis 200 Mikrometer.

35

- 8 -

Das Geflecht 5 ist im Übrigen bevorzugt an allen Schnittstellen 13 von Schussfäden 10 und Kettfäden 11 mit der Leitschicht 15 verlötet.

5 Um sicherzustellen, dass bei einer Längskontraktion bzw. Längsdilatation des Piezoaktors 30 das Geflecht 5 möglichst kräftefrei ist, so dass auf die Lötstellen bzw. Schnittstellen 13 möglichst keine Kräfte einwirken, unterliegen die rautenförmigen Zwischenräume 12 bevorzugt einer einschrän-

10 kenden Bedingung hinsichtlich des Innenwinkels der Zwischenräume 12. Dies wird mit Hilfe der Figur 2 näher erläutert.

Im Einzelnen zeigt Figur 2 einen Ausschnitt aus Figur 1 im Bereich einer Schnittstelle 13 wobei lediglich ein Teil eines rautenförmigen Zwischenraumes 12 dargestellt ist. Weiter

15 sind in Figur 2 die erste Rautendiagonale 25 und die zweite Rautendiagonale 26 dieses rautenförmigen Zwischenraumes 12 eingetragen. Die zweite Rautendiagonale 26 ist dabei parallel zur y-Richtung gemäß Figur 1 bzw. Figur 3 orientiert.

20 Weiter ist in Figur 2 dargestellt, dass die Kettfäden 11 und die Schussfäden 10 einen ersten Innenwinkel 16 einschließen, der im folgenden mit 2ϕ bezeichnet ist. Der erste Innenwinkel 16 ist im erläuterten Beispiel gemäß Figur 2 derjenige Innenwinkel des rautenförmigen Zwischenraumes 12, der von

25 der zweiten Rautendiagonale 25, d. h. der parallel zu der x-Richtung verlaufenden Rautendiagonale, halbiert wird.

Der erste Innenwinkel 16 (2ϕ) wird nun derart dimensioniert, d. h. die Schussfäden 10 und die Kettfäden 11 werden derart

30 miteinander verwoben bzw. nach dem Weben derart gereckt, dass er einerseits quer zur Längsdehnungsrichtung orientiert ist, und andererseits so an die Querdehnung/Querkontraktion und die Längsdehnung/Längskontraktion angepasst ist, dass in den Schussfäden 10 und in den Kettfäden 11 zumindest näherungsweise keine Dehnung auftritt.

35

An dieser Stelle sei betont, dass bei üblichen Piezoaktoren 30 die relative Längenänderung des Stapels 31, d. h. $\Delta l/l$ wobei l die Höhe des Stapels 31 bezeichnet, zwischen 0,1 % bis 0,15 % liegt. Entsprechend liegen die üblichen relativen Querkontraktionen bzw. Querdilatationen $\Delta b/b$ des Stapels 31, die durch die induzierte Längenänderung Δl hervorgerufen werden, bei etwa der Hälfte der relativen Längenänderung des Stapels 31. Unter der Größe b ist dabei die Seitenlänge einer Seitenfläche des Piezoaktors 30 zu verstehen. Im erläuterten Beispiel hat der Stapel 31 bei Draufsicht in Längsrichtung eine quadratische Grundfläche. Es ist jedoch ebenso möglich, den Stapel 31 mit rechteckiger, sechseckiger oder achteckiger Grundfläche auszubilden.

Ein quaderförmiger Piezoaktor 30 der Länge l dehnt sich somit beispielsweise bei Anlegen eines elektrischen Feldes E an die Isolierschichten 20 um Δl in Feldrichtung, während er gleichzeitig in den dazu orthogonalen Richtungen kontrahiert wird. Die Breite b reduziert sich dabei um Δb . Die Verhältnisse $\varepsilon = \Delta l/l$ und $\delta = \Delta b/b$ werden als Längsdehnung bzw. Querkontraktion bezeichnet.

Aus der Forderung, dass bei dem aufgelöteten rautenförmigen Geflecht 5 die Seitenlängen der Rauten konstant bleiben soll, d. h. dass der rautenförmige Zwischenraum 12 weder elastisch noch plastisch verformt wird, leitet sich für den ersten Innenwinkel 16 leicht folgender Zusammenhang her:

$$\tan(\phi) = \sqrt{\frac{2\delta - \delta^2}{2\varepsilon + \varepsilon^2}}$$

Da in allen Fällen die relative Längenänderung $\Delta l/l$ bzw. die relative Querkontraktion $\Delta b/b$ stets erheblich kleiner 1 ist, kann diese Formel in allen für die Praxis relevanten Fällen angenähert werden durch die Formel:

- 10 -

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{\delta}{\varepsilon}}$$

Da weiter gilt $\delta = d_{31} \cdot E$ und $\varepsilon = d_{33} \cdot E$, folgt für den Winkel ϕ schließlich:

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{d_{31}}{d_{33}}}$$

- 5 Aus vorstehender Formel ergibt sich insbesondere, dass der erste Innenwinkel 16 (2ϕ) nicht von der angelegten Feldstärke E sondern nur von den einzelnen Richtungen zugeordneten piezoelektrischen Koeffizienten d_{31} und d_{33} des Materials der Isolierschichten 20 abhängig ist, die beispielsweise aus
10 einem piezoaktiven keramischen Material bestehen.

5

Ansprüche

1. Vielschichtaktor mit einem Stapel (31) dünner Isolierschichten (20) aus einem piezoaktiven Material mit eingelagerten, wechselseitig aus dem Stapel (31) herausführenden Innenelektroden (20, 21), die über einer jeweiligen Seite des Stapels (31) zugeordnete Außenelektroden (23, 24) elektrisch parallel geschaltet sind, wobei mindestens eine der Außenelektroden (23, 24) eine Leitschicht (15) und ein mit Leitschicht (15) stellenweise verbundenes Geflecht (5) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Geflecht (5) derart ausgebildet und derart stellenweise mit der Leitschicht (15) verbunden ist, dass bei Betrieb des Vielschichtaktors im Bereich der Außenelektrode (23, 24) auftretende Kräfte aufgrund einer Längskontraktion oder einer Längsdilatation des Stapels (31) innerhalb des Geflechtes (5) zumindest weitgehend ausgeglichen werden.

2. Vielschichtaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Geflecht (5) jeweils zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufende Schussfäden (10) und jeweils zumindest weitgehend parallel zueinander verlaufende Kettfäden (11) aufweist, die an ihren Schnittstellen (13) miteinander verbunden, insbesondere verlötet, sind.

30

3. Vielschichtaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) derart miteinander verwoben oder verflochten sind, dass die sich einstellen-

- 12 -

den Zwischenräume (Maschen) (12) zumindest näherungsweise die Form einer Raute aufweisen.

5 4. Vielschichtaktor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Geflecht (5) an den Schnittstellen (13) der Schussfäden (10) und der Kettfäden (11) mit der Leitschicht (15) verbunden, insbesondere verlötet, ist.

10 5. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) derart miteinander verwoben oder verflochten sind und dass das Geflecht (5) derart stellenweise mit der Leitschicht (13) verbunden ist, dass eine erste Diagonale (26) der rautenförmigen Zwischenräume (12) parallel zu der beim Betrieb
15 des Stapels (31) auftretenden Längskontraktion oder Längsdilatation ausgerichtet ist.

20 6. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) des Geflechtes (5) derart miteinander verwoben oder verflochten sind, dass sich als erster Innenwinkel (16) der rautenförmigen Zwischenräume (12), der 2ϕ beträgt, ein Winkel ergibt, für den zumindest näherungsweise gilt:

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{\delta}{\varepsilon}} \quad \text{mit} \quad \delta = \frac{\Delta b}{b} \quad \text{und} \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

25 wobei $\Delta l/l$ die relative Längenänderung des Stapels (31) der Länge l bei einer Längskontraktion oder Längsdilatation und $\Delta b/b$ die relative Querkontraktion oder Querdilatation des Stapels (31) der Seitenbreite b durch die Längenänderung Δl bezeichnet.

30 7. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schussfäden (10) und die Kettfäden (11) des Geflechtes (5) derart miteinander verwo-

- 13 -

ben oder verflochten sind, dass sich als erster Innenwinkel (16) der rautenförmigen Zwischenräume (12), der 2ϕ beträgt, ein Winkel ergibt, für den zumindest näherungsweise gilt:

$$\tan(\phi) \approx \sqrt{\frac{d_{31}}{d_{33}}}$$

5 wobei d_{31} und d_{33} die der Längenänderung Δl bzw. der dadurch induzierten Querkontraktion Δb entsprechenden piezoelektrischen Koeffizienten des piezoaktiven Materials der Isolierschichten (20) bezeichnen.

10 8. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Geflecht (5) aus elektrisch leitfähigen Fäden (10, 11), insbesondere metallischem Draht, besteht.

15 9. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitschicht (15) eine metallische Lotschicht, eine aufgedruckte Schicht oder eine galvanisch abgeschiedene Schicht, insbesondere mit einer Dicke von 2 μm bis 60 μm , ist.

20 10. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Stapel (31) bei Draufsicht in Längsrichtung eine rechteckige, quadratische, sechseckige oder achteckige Grundfläche aufweist.

25 11. Vielschichtaktor nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fäden (10, 11) oder der Draht einen Durchmesser von 10 μm bis 250 μm , insbesondere 50 μm bis 150 μm , aufweisen.

1 / 2

Fig. 1

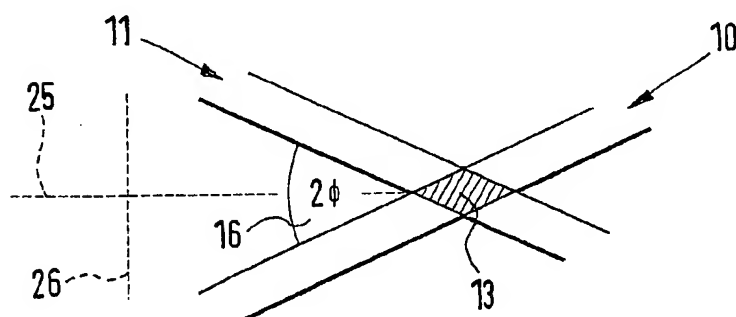
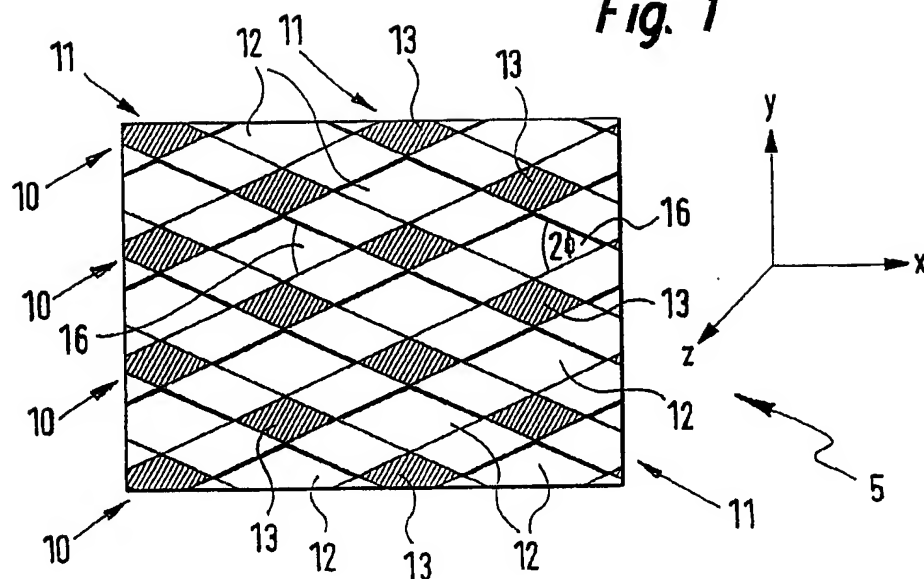
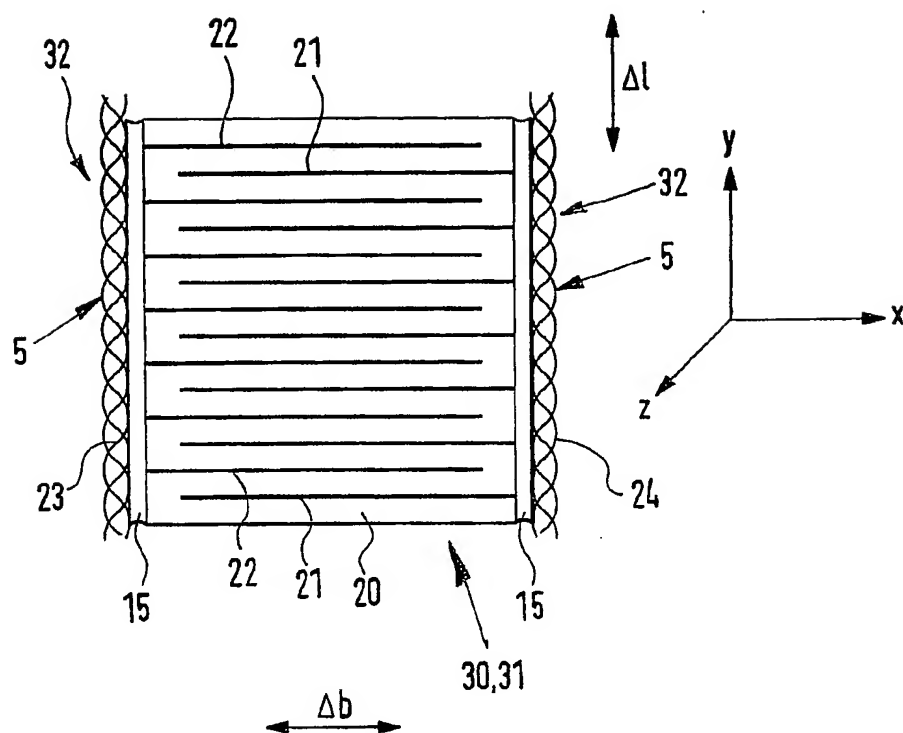


Fig. 2

2 / 2

*Fig. 3*

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. .ional Application No

PCT/DE 01/00651

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L41/047 H01L41/083

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 196 48 545 A (CERAMTEC AG) 28 May 1998 (1998-05-28) cited in the application the whole document ---	1,8-10
P,A	WO 00 79608 A (ROBERT BOSCH GMBH; HEINZ RUDOLF ET AL (DE)) 28 December 2000 (2000-12-28) the whole document -----	1-5,8,9

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 August 2001

Date of mailing of the international search report

10/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/00651

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19648545 A	28-05-1998	EP 0844678 A	27-05-1998
		JP 10229227 A	25-08-1998
		US 6208026 B	27-03-2001
WO 0079608 A	28-12-2000	DE 19928190 A	11-01-2001
		EP 1110250 A	27-06-2001

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00651

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L41/047 H01L41/083

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 196 48 545 A (CERAMTEC AG) 28. Mai 1998 (1998-05-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,8-10
P,A	WO 00 79608 A (ROBERT BOSCH GMBH; HEINZ RUDOLF ET AL (DE)) 28. Dezember 2000 (2000-12-28) das ganze Dokument	1-5,8,9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. August 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/08/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/00651

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19648545 A	28-05-1998	EP 0844678 A	27-05-1998
		JP 10229227 A	25-08-1998
		US 6208026 B	27-03-2001
WO 0079608 A	28-12-2000	DE 19928190 A	11-01-2001
		EP 1110250 A	27-06-2001

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

DERWENT-ACC-NO: 2001-329718
DERWENT-WEEK: 200213
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Multi-layer piezoelectric actuator e.g. for automobile, aircraft
or
spacecraft, has inner electrodes within piezoceramic layer stack
coupled to
outer electrodes via electrically conductive powder layer

INVENTOR: JAENKER, P

PATENT-ASSIGNEE: JANKER P[JANKI], DAIMLERCHRYSLER
AG[DAIM], JAENKER P[JAENI]

PRIORITY-DATA: 2000DE-1017331 (April 7, 2000)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
AU 200160054 A	October 23, 2001	N/A	000
H01L 041/083			
<u>DE 10017331</u> C1	June 7, 2001	N/A	005 H01L
041/083			
WO 200178159	October 18, 2001	G	000
H01L 041/083			
A1			

DESIGNATED-STATES: AU BR BY CA CZ HR HU ID IL JP KR LT
MX NO NZ PL RO SG SI SK U
A US VN YU ZA AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU
MC NL PT SE TR

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
--------	-----------------	---------

APPL-DATE			
AU 200160054A	N/A	2001AU-0060054	April 5, 2001
AU 200160054A	Based on	WO 200178159	N/A
DE 10017331C1	N/A	2000DE-1017331	April 7, 2000
WO 200178159A1	N/A	2001WO-DE01364	April 5, 2001

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083 ; H02N002/04

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 10017331C

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezoelectric actuator has a stack (10) of piezoceramic layers (8) and intermediate inner electrodes (3), extending inwards from outer electrodes (4) on opposite side edges of the stack, in alternation. The surface contact regions (9) of the inner electrodes are separated from the outer electrode by an electrically conductive powder layer (2), applied directly to the side face of the stack.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM for a manufacturing method for a multi-layer piezoelectric actuator is also included.

USE - The piezoelectric actuator can be used in an automobile, an aircraft, or a spacecraft.

ADVANTAGE - The conductive powder layer ensures an electrical contact between the inner and outer electrodes which is not effected by formation of a crack in the piezoelectric actuator stack.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a perspective view of a multi-layer piezoelectric actuator.

Electrically conductive powder layer 2

Inner electrodes 3

Outer electrode 4

Piezoceramic layers 8

Surface contact regions of inner electrodes 9

Stack 10

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

TITLE-TERMS:

MULTI LAYER PIEZOELECTRIC ACTUATE AUTOMOBILE
AIRCRAFT SPACECRAFT INNER
ELECTRODE PIEZOCERAMIC LAYER STACK COUPLE OUTER
ELECTRODE ELECTRIC CONDUCTING
POWDER LAYER

DERWENT-CLASS: V06 W06 X22

EPI-CODES: V06-M06D; V06-M11; V06-U03; W06-B01C9;
W06-B03X; X22-X;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-237305



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 100 17 331 C 1

51 Int. Cl. 7:
H 01 L 41/083
H 02 N 2/04

21 Aktenzeichen: 100 17 331.4-35
22 Anmeldetag: 7. 4. 2000
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 6. 2001

DE 100 17 331 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

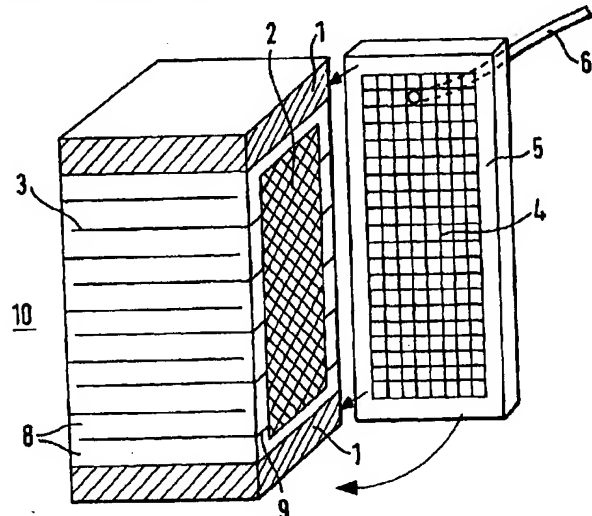
72 Erfinder:
Jänker, Peter, Dr.rer.nat., 85748 Garching, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 46 876 C1
DE 196 48 545 A1

54 Piezoelektrischer Vielschichtaktuator und Verfahren zu seiner Herstellung

57 Es wird ein piezoelektrischer Vielschichtaktuator beschrieben, der eine Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels (10) übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten (8) und zwischen diesen angeordnete und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen (9) aus dem Stapel herausgeführte und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode (4) elektrisch parallel geschaltete Innenelektroden (3) umfaßt. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, daß zwischen den Oberflächenkontaktbereichen (9) der Innenelektroden (3) und der Außenelektrode (4) eine elektrisch leitende Pulverschicht (2) vorgesehen ist. Diese elektrisch leitende Pulverschicht (2) gewährleistet eine elektrische Kontaktierung der Innenelektroden (3) gegenüber der Außenelektrode (4), die weitgehend unempfindlich gegenüber einer Rißbildung in dem Piezoelementstapel (10) ist.



DE 100 17 331 C 1

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Vielschichtaktuator mit einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramiksichten und zwischen den Keramiksichten angeordneten und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen aus dem Stapel herausgeführten und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode elektrisch parallel geschalteten Innenelektroden.

Piezoelektrische Vielschichtaktuatoren finden in piezoelektrischen Betätigungseinrichtungen zunehmend Verwendung in einer Vielzahl von Anwendungsgebieten, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt, aber auch im Automobilbau sind sie aufgrund ihrer geringen Abmessungen und ihrer hohen Leistungsdichte vorteilhaft.

Piezoelektrische Vielschichtaktuatoren bestehen aus einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramiksichten, zwischen denen jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen aus dem Stapel herausgeführte und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode elektrisch parallel geschaltete Innenelektroden vorgesehen sind. Beim Anlegen einer Spannung an die Elektroden erfahren die piezoelektrischen Keramiksichten aufgrund einer durch das elektrische Feld in ihrem Inneren hervorgerufenen Gitterverzerrung eine Längenausdehnung in Richtung des elektrischen Feldes, welche in einer Betätigungseinrichtung nutzbar gemacht werden kann. Die elektrische Parallelschaltung der einzelnen Piezoelemente dient dazu, die von außen anzulegende Spannung möglichst gering zu halten, die zum Hervorrufen der gewünschten Gitterverzerrung bewirkenden elektrischen Feldstärke erforderlich ist.

Ein Problem bei piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren der beschriebenen Art liegt darin, daß die seitlich am Piezoelementstapel vorgesehene Außenelektrode der bei elektrischer Erregung des piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren vom Piezoelementstapel vollzogenen Längenausdehnung unterliegt und dadurch oder durch im Randbereich der Keramiksichten auftretende Risse beschädigt oder unterbrochen werden kann. Zur Überwindung dieses Problems wird in der DE 196 46 676 C1 bei einem piezoelektrischen Vielschichtaktuator eine Kontaktierung der einzelnen piezoelektrischen Keramiksichten vorgeschlagen, bei der seitlich an dem Piezoelementstapel ein die Oberflächenkontaktbereiche der aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden kontaktierender Metallisierungstreifen vorgesehen ist, auf welchen elektrisch leitfähige Kontaktfahnen aufgebracht sind, die sich soweit vom Piezoelementstapel weg erstrecken, daß ein überstehender Bereich selbst beim Auftreten von Rissen unversehrt bleibt und die Risse elektrisch überbrückt. Weiterhin ist aus der DE 196 48 545 A1 ein piezoelektrischer Vielschichtaktuator bekannt, bei dem ebenfalls seitlich am Piezoelementstapel eine die Oberflächenkontaktbereiche der aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden kontaktierende Metallisierungsschicht vorgesehen ist, welche zur Überbrückung von auftretenden Rissen durch eine dreidimensional strukturierte, elektrisch leitende Elektrode überbrückt wird, die über partielle Kontaktstellen mit der Metallisierungsschicht verbunden und zwischen den Kontaktstellen dehnbar ausgebildet ist. Die dreidimensional ausgebildete Elektrode ist durch eine strukturierte Metallfolie, ein Drahtgewirk oder einen offenporigen Metallschaum gebildet.

Die Aufgabe der Erfindung ist es einen piezoelektrischen Vielschichtaktuator der eingangs geschilderten Art so auszubilden, daß mit geringem Aufwand eine zuverlässige Kontaktierung der Innenelektroden auch im Falle eines Auf-

tretens von Rissen gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird durch den im Anspruch 1 angegebenen piezoelektrischen Vielschichtaktuator gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren sind in den Unteransprüchen angegeben.

Schließlich wird ein vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren angegeben.

Durch die Erfindung wird ein piezoelektrischer Vielschichtaktuator mit einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramiksichten und zwischen den Keramiksichten angeordneten und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen aus dem Stapel herausgeführten und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen Außenelektrode elektrisch parallel geschalteten Innenelektroden geschaffen. Erfindungsgemäß ist zwischen den Oberflächenkontaktbereichen der Innenelektroden und der Außenelektrode eine elektrisch leitende Pulverschicht angeordnet.

Durch die Pulverschicht werden mögliche Risse an der Oberfläche des Piezoelementstapels überbrückt, welche den Stromfluß zwischen den Oberflächenkontaktbereichen der Innenelektroden und der Außenelektrode unterbrechen könnten. Ein wesentlicher Vorteil ist eine Erhöhung von Zuverlässigkeit und Lebensdauer des piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren und eine Einsparung von Herstellungsschritten und Kosten.

Gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform des piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren der Erfindung ist es vorgesehen, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch die Randbereiche der aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht direkt auf der Oberfläche des Piezoelementstapels in Kontakt mit den Randbereichen der Innenelektroden vorgesehen ist. Somit werden die als Oberflächenkontaktbereiche fungierenden Randbereiche der Innenelektroden an der Stapeloberfläche direkt von der Pulverschicht kontaktiert. Dies hat vorteilhafterweise einen geringen Herstellungsaufwand und eine hohe Unempfindlichkeit gegenüber Rißbildung zur Folge.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Vielschichtaktuatoren ist es vorgesehen, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch eine auf der Außenseite des Piezoelementstapels in Kontakt mit den Randbereichen der Innenelektroden befindliche Zwischenelektrode gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht auf der Oberfläche der Zwischenelektrode vorgesehen ist. Der Vorteil hiervon ist es, daß durch die Zwischenelektrode eine Vergrößerung der von der elektrisch leitenden Pulverschicht kontaktierten Oberflächenkontaktbereiche stattfindet, was eine höhere Strombelastbarkeit zur Folge hat.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Vielschichtaktuatoren ist es vorgesehen, daß die Außenelektrode an der dem Piezoelementstapel zugewandten Seite eines an dessen Außenseite vorgesehenen Formteils angeordnet ist, wobei die Außenelektrode die elektrisch leitende Pulverschicht unter einem vorgegebenen Anpreßdruck kontaktiert. Somit ist die elektrisch leitende Pulverschicht unter gleichzeitiger Kontaktierung der Oberflächenkontaktbereiche einerseits und der Außenelektrode andererseits zwischen der Oberfläche des Piezoelementstapels und dem Formteil dauerhaft und zuverlässig eingeschlossen.

Vorzugsweise ist das Formteil aus einem elektrisch isolierenden Material hergestellt, und mit der Außenelektrode ist ein an dem Formteil vorgesehener elektrisch leitender Außenkontakt für den elektrischen Anschluß des piezoelektrischen Vielschichtaktuatoren verbunden. Das Formteil dient

somit gleichzeitig als Träger für die Außenelektrode, als äußere Begrenzung für die elektrisch leitende Pulverschicht und als Träger für den elektrisch leitenden Außenkontakt zum Anschluß des Vielschichtaktuators.

Vorzugsweise ist die elektrisch leitende Pulverschicht aus einem Pulver mit einer Korngröße im μm -Bereich hergestellt.

Gemäß einem besonders vorteilhaften Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Vielschichtaktuators gemäß der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, daß die elektrisch leitende Pulverschicht in Form eines Schlickers mittels Siebdruck auf die zu kontaktierende Seite des Piezoelementstapels aufgebracht wird.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators anhand der Zeichnung erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines piezoelektrischen Vielschichtaktuators nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei aus Gründen der Veranschaulichung der Piezoelementstapel des Vielschichtaktuators und ein die Außenelektrode tragendes Formteil voneinander getrennt dargestellt sind; und

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung eines piezoelektrischen Vielschichtaktuators nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei wiederum der Piezoelementstapel des Vielschichtaktuators, eine Zwischenelektrode zur Kontaktierung der Oberflächenbereiche der Innenelektroden und ein Formteil, welches die Außenelektrode trägt, voneinander getrennt dargestellt sind.

Bei den beiden in den **Fig. 1** und **2** perspektivisch dargestellten Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators bedeutet Bezugszeichen **10** einen Piezoelementstapel, der durch eine Vielzahl von übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten **8** gebildet ist. Zwischen den Keramikschichten **8** sind Innenelektroden **3** angeordnet, die jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen **9** aus dem Stapel herausgeführt und mittels einer seitlich an dem Piezoelementstapel **10** vorgesehenen Außenelektrode **4** elektrisch parallel geschaltet sind. Wie aus **Fig. 1** ersichtlich ist, ist jeweils jede zweite Innenelektrode **3** nach der rechten, in der Figur sichtbaren Seite des Piezoelementstapels **8** herausgeführt, während die jeweils dazwischenliegenden Innenelektroden **3** nach der anderen, in der Figur nicht sichtbaren linken Seite des Piezoelementstapels herausgeführt sind. An der Oberseite und der Unterseite des Piezoelementstapels **10** befindet sich jeweils eine Endschutzhülle **1**, die zur mechanischen Stabilisierung des Piezoelementstapels **10** und zur Verteilung der bei der Erregung desselben erzeugten Kraft dient.

Im betriebsbereiten Zustand des Piezoelementstapels **10** ist an dessen Außenseite ein Formteil **5** angeordnet, welches in **Fig. 1** zum Zwecke der besseren Übersichtlichkeit jedoch getrennt dargestellt ist. Das Formteil **5** ist vorzugsweise an den Endschutzhüllen **1** des Piezoelementstapels **10** befestigt. An der dem Piezoelementstapel **10** zugewandten Seite des Formteils **5** ist eine Außenelektrode **4** angeordnet, welche mit einem elektrisch leitenden Außenkontakt **6** verbunden ist, der dem elektrischen Anschluß des Vielschichtaktuators **10** dient. Das Formteil **5** selbst ist aus einem elektrisch isolierenden Material, beispielsweise Kunststoff oder Keramik hergestellt.

Bei dem in **Fig. 1** dargestellten ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators sind die Oberflächenbereiche der Innenelektroden **3** durch die Randbereiche **9** derselben gebildet, wie sie aus dem Stapel herausgeführt sind. Zwischen den Oberflächenkontaktbereichen in Form der Randbereiche **9** der Innen-

elektroden **3** und der Außenelektrode **4** ist eine elektrisch leitende Pulverschicht **2** vorgesehen, welche direkt auf der Oberfläche des Piezoelementstapels **10** in Kontakt mit den Randbereichen **9** der in den Elektroden **3** steht. Diese elektrisch leitende Pulverschicht **2** wird von der an dem Formteil **5** angebrachten Außenelektrode **4** unter einem vorgegebenen Anpreßdruck kontaktiert, so daß die elektrisch leitende Pulverschicht **2** eine elektrische Verbindung zwischen den Oberflächenkontaktbereichen **9** der Innenelektroden **3** und der Außenelektrode **4** herstellt.

Bei dem in **Fig. 2** dargestellten zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Vielschichtaktuators sind die Oberflächenkontaktbereiche der Innenelektroden **3** durch eine Zwischenelektrode **7** gebildet, die sich auf der Außenseite des Piezoelementstapels **10** befindet und mit den Randbereichen **9** der Innenelektroden **3** in Verbindung steht. Die elektrisch leitende Pulverschicht **2** ist auf dieser Zwischenelektrode **7** vorgesehen und befindet sich damit zwischen der an dem Formteil **5** befindlichen Außenelektrode **4** und der Zwischenelektrode **7**, wobei sie wiederum durch die Außenelektrode **4** unter einem vorgegebenen Anpreßdruck kontaktiert wird und damit eine elektrische Verbindung zwischen der Außenelektrode **4** einerseits und der Zwischenelektrode **7** und den Innenelektroden **3** andererseits herstellt.

Die elektrisch leitende Pulverschicht **2** ist aus einem Pulver mit einer Korngröße im μm -Bereich hergestellt und besteht aus einem geeigneten elektrisch leitenden Material.

Gemäß einem bevorzugten Herstellungsverfahren wird die elektrisch leitende Pulverschicht **2** in Form eines Schlickers mittels Siebdruck auf die zu kontaktierende Seite des Piezoelementstapels **10**, also bei dem in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel direkt auf die Außenseite des Piezoelementstapels **10** in Kontakt mit den Randbereichen **9** der Innenelektroden **3** bzw. bei dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel auf die Zwischenelektrode **7** aufgebracht. Es können jedoch auch andere geeignete Verfahren verwendet werden, um die elektrisch leitende Pulverschicht **2** aufzubringen.

Die Befestigung des die Außenelektrode **4** tragenden Formteils **5** an dem Piezoelementstapel **10** bzw. an dessen Endschutzhüllen **1** erfolgt in einer Weise, daß ein Ausgleich der Längenänderung des Piezoelementstapels **10** bei dessen Erregung gegenüber dem Formteil **5** gewährleistet ist.

Bezugszeichenliste

- 1** Endschutzhülle
- 2** elektrisch leitende Pulverschicht
- 3** Innenelektroden
- 4** Außenelektrode
- 5** Formteil
- 6** Außenkontakt
- 7** Zwischenelektrode
- 8** piezoelektrische Keramikschicht
- 9** Randbereiche
- 10** Piezoelementstapel

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator mit einer Anzahl von in Form eines Piezoelementstapels (**10**) übereinandergeschichteten piezoelektrischen Keramikschichten (**8**) und zwischen den Keramikschichten (**8**) angeordneten und jeweils wechselseitig an Oberflächenkontaktbereichen (**9**) aus dem Stapel herausgeführten und mittels einer seitlich am Stapel vorgesehenen

nen Außenelektrode (4) elektrisch parallel geschalteten Innenelektroden (3), **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen den Oberflächenkontaktbereichen (7; 9) der Innenelektroden (3) und der Außenelektrode (4) eine elektrisch leitende Pulverschicht (2) vorgesehen ist. 5

2. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch die Randbereiche (9) der aus dem Stapel herausgeführten Innenelektroden (3) gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) direkt auf der Oberfläche des Piezoelementstapels (10) in Kontakt mit den Randbereichen (9) der Innenelektroden (3) vorgesehen ist. 10

3. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächenkontaktbereiche durch eine auf der Außenseite des Piezoelementstapels (10) in Kontakt mit den Randbereichen (9) der Innenelektroden (3) befindliche Zwischenelektrode (7) gebildet sind, und daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) auf der Oberfläche der Zwischenelektrode (7) vorgesehen ist. 15 20

4. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 1, 2, oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenelektrode (4) an der dem Piezoelementstapel (10) zugewandten Seite eines an dessen Außenseite vorgesehenen Formteils (5) angeordnet ist, wobei die Außenelektrode (4) die elektrisch leitende Pulverschicht (2) unter einem vorgegebenen Anpressdruck kontaktiert. 25

5. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Formteil (5) aus einem elektrisch isolierenden Material besteht, und daß mit der Außenelektrode (4) ein an dem Formteil (5) vorgesehener elektrisch leitender Außenkontakt für den elektrischen Anschluß des piezoelektrischen Vielschichtactuators verbunden ist. 30 35

6. Piezoelektrischer Vielschichtaktuator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) aus einem Pulver mit einer Korngröße im μm -Bereich besteht. 40

7. Verfahren zur Herstellung eines piezoelektrischen Vielschichtactuators nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrisch leitende Pulverschicht (2) in Form eines Schlickers mittels Siebdruck auf die zu kontaktierende Seite des Piezoelementstapels (10) aufgebracht wird. 45

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

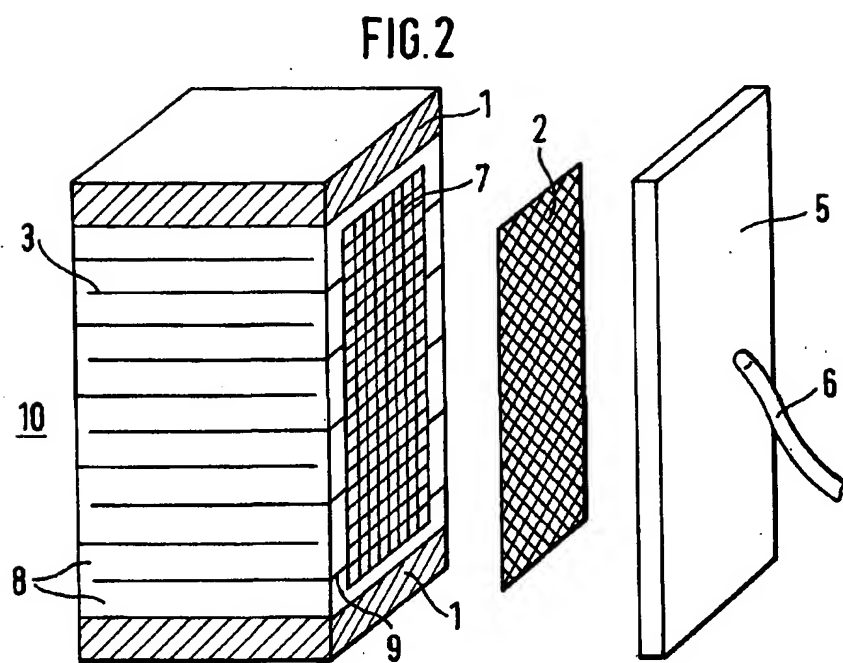
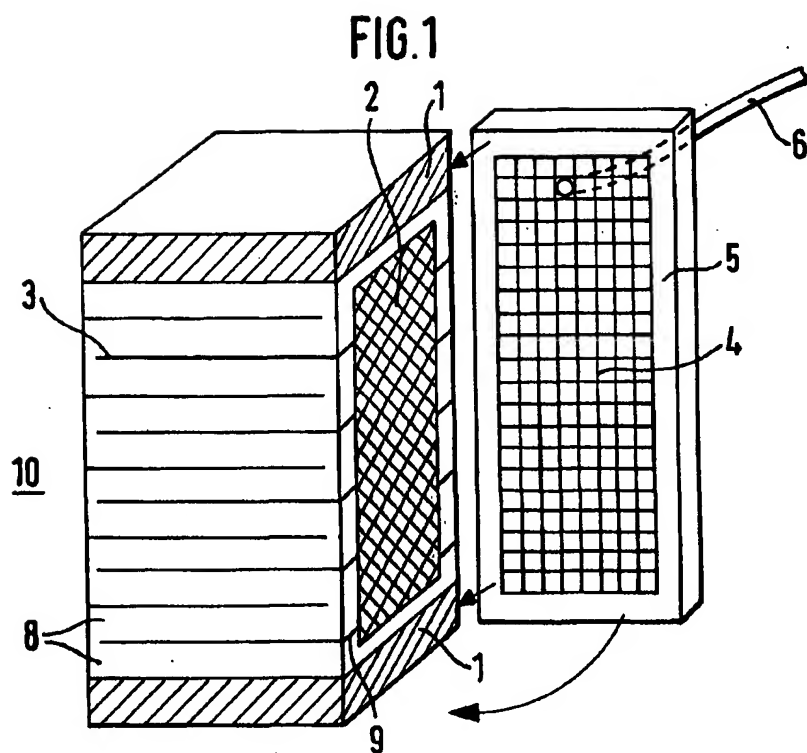
50

55

60

65

- Leerseite -



CLIPPEDIMAGE= JP02001210886A
PAT-NO: JP02001210886A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001210886 A
TITLE: STACKED TYPE PIEZOELECTRIC ACTUATOR

PUBN-DATE: August 3, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ASHIDA, KOKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KYOCERA CORP	N/A

APPL-NO: JP2000024705
APPL-DATE: January 28, 2000

INT-CL_(IPC): H01L041/083; H02N002/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stacked type piezoelectric actuator, which can ensure full connection between an inner electrode and an outer electrode, even during continuous operation in a high applied field at a fast speed for a long period.

SOLUTION: A recessed groove 7, where the end part of a plurality of inner electrodes 3a, 3b is exposed each, is formed in the side surface of an actuator body 1 where a first outer electrode 6a is formed. A recessed groove 7, where

an end part of the first inner electrode 3a is exposed, is filled with a conductor 9 and a recessed groove 7, where an end part of the second inner electrode 3b is exposed is filled with an insulator 11. A recessed groove 7, where an end part of a plurality of inner electrodes 3a, 3b is exposed each, is formed in the side surface of the actuator body 1, where a second outer electrode 6b is formed, and a recessed groove 7 wherein an end part of the first inner electrode 3a is exposed is filled with the insulator 11 and the recessed groove 7 with the end part of the second inner electrode 3b being exposed is filled with the conductor 9.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-210886

(P2001-210886A)

(43) 公開日 平成13年8月3日(2001.8.3)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 41/083

H 0 2 N 2/00

B

H 0 2 N 2/00

H 0 1 L 41/08

S

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-24705(P2000-24705)

(22) 出願日 平成12年1月28日(2000.1.28)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(72) 発明者 芦田 幸喜

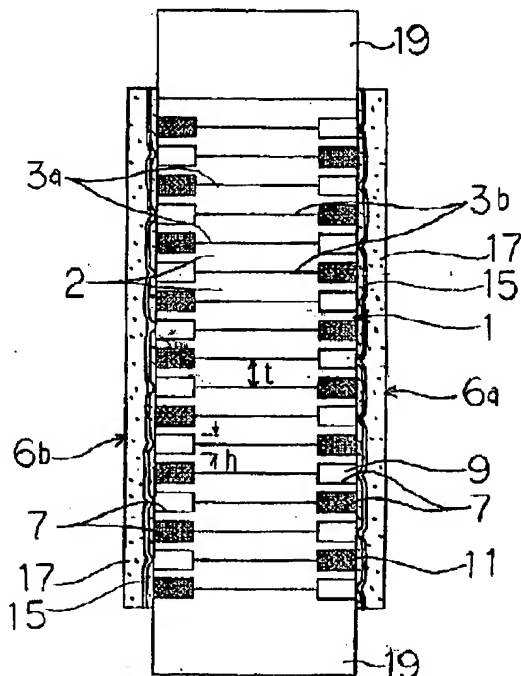
鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(54) 【発明の名称】 積層型圧電アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 高い印加電界で高速で長期間連続作動する場合でも、内部電極と外部電極との接続を十分に確保できる積層型圧電アクチュエータを提供する。

【解決手段】 第1外部電極6aが形成されるアクチュエータ本体1の側面に、複数の内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する凹溝7を形成し、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7に導電体9を、第2内部電極3bの端部が露出した凹溝7に絶縁体11を充填するとともに、第2外部電極6bが形成されるアクチュエータ本体1の側面に、複数の内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する凹溝7を形成し、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7に絶縁体11を、第2内部電極3bの端部が露出した凹溝7に導電体9を充填した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、前記内部電極が交互に第1内部電極または第2内部電極とされたアクチュエータ本体と、該アクチュエータ本体の異なる側面にそれぞれ設けられ、前記第1内部電極同士をそれぞれ電気的に接続する第1外部電極、および前記第2内部電極同士をそれぞれ電気的に接続する第2外部電極とを具備する積層型圧電アクチュエータであって、前記第1外部電極が形成される前記アクチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出する凹溝を形成し、前記第1内部電極の端部が露出した凹溝に導電体を、前記第2内部電極の端部が露出した凹溝に絶縁体を充填するとともに、前記第2外部電極が形成される前記アクチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出する凹溝を形成し、前記第1内部電極の端部が露出した凹溝に絶縁体を、前記第2内部電極の端部が露出した凹溝に導電体を充填したことを特徴とする積層型圧電アクチュエータ。

【請求項2】外部電極を構成する金属薄板が凹溝内の導電体に当接した状態で固着されていることを特徴とする請求項1記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項3】金属薄板を導電性接着剤により被覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体に凹部が形成されており、前記金属薄板を被覆した導電性接着剤が、前記導電体の凹部に充填されていることを特徴とする請求項1または2記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項4】金属薄板を導電性接着剤により被覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体が外方へ向かって突出しており、該導電体の突出部に前記金属薄板が当接した状態で固着され、かつ、前記金属薄板を被覆した導電性接着剤が、前記導電体の突出部周囲に充填されていることを特徴とする請求項1または2記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項5】金属薄板が、NiおよびFeを含有する合金からなることを特徴とする請求項2乃至4のいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータ。

【請求項6】金属薄板が、金属メッシュまたは波板形状の金属薄板からなることを特徴とする請求項2乃至5のいずれかに記載の積層型圧電アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、積層型圧電アクチュエータに係わり、例えば、自動車用燃料噴射弁、光学装置等の精密位置決め装置や振動防止用の駆動素子等に使用される積層型圧電アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来技術】従来、電歪効果を利用して大きな変位量を

得るために、圧電体と内部電極を交互に積層した積層型圧電アクチュエータが提案されている。積層型圧電アクチュエータには、同時焼成タイプと圧電磁器と内部電極板を交互に積層した単板積層タイプの2種類に分類されており、低電圧化、製造コスト低減の面から考慮すると、同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータが薄層化に対して有利であるために、その優位性を示しつつある。

【0003】同時焼成タイプの積層型圧電アクチュエータとして、例えば、特公平6-66484号公報に記載されているように、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、この絶縁層と絶縁層の間に絶縁層が形成されていない内部電極の端部を導電性ガラス膜で被覆し、電気的に接続した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0004】しかしながら、特公平6-66484号公報に開示された積層型圧電アクチュエータでは、アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部には一層おきにガラスからなる絶縁層が被覆され、内部電極とその両側の圧電体が強固に接合されており、外部電極と内部電極との絶縁性が確保されているが、長期間連続駆動させた場合、導電性ガラス膜に割れが生じ、この割れを介して内部電極と外部電極との間で剥離が生じ、一部の圧電体に電圧が供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0005】また、このようなアクチュエータにおいては、外部電極にリード線を半田付けにより形成することから、外部電極に使用している導電性ガラス膜が半田食われを生じ、導通の信頼性を著しく低下させる問題があった。

【0006】このような問題に対し、特開昭63-153870号公報では、外部電極と内部電極の剥離を防止するためと、リード線、外部電極、内部電極間の導通の信頼性を向上させるため、積層アクチュエータ本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、絶縁層と同じピッチで、かつ絶縁層の断面よりやや大きい凹部を形成し、この凹部に絶縁層を収容するようにして、かつ、凹部間の凸部に、絶縁層が形成されていない内部電極の端部を、導電性接着剤で接着した積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0007】また、特開平10-229227号公報においては、積層圧電体の側面に基礎金属被膜を被覆し、該基礎金属被膜と部分的な接触箇所を介して、三次元構造化された導電性の電極が結合され、前記三次元構造化された導電性電極が、接触箇所において伸長可能な状態で形成された積層型圧電アクチュエータが開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】近年においては、小型の圧電アクチュエータで大きな圧力下において大きな変位量を確保するため、より高い電界を印加し、長期間連続駆動させることが行われているが、高電界、高圧力下で長期間連続駆動させた場合には、特開昭63-153870号公報に開示された積層型圧電アクチュエータにおいては、圧電体間に形成された内部電極と正極、負極用の外部電極との間で剥離が発生し、一部の圧電体に電圧供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0009】また、特開平10-229227号公報に開示されたアクチュエータであっても、基礎金属被膜と圧電体の間の界面において剥離が生じ、その剥離が進行することにより、内部電極と外部電極の導通不良を生じ、一部の圧電体に電圧供給されなくなり、駆動中に変位特性が変化するという問題があった。

【0010】本発明は、高い印加電界で高速で長期間連続動作する場合でも、内部電極と外部電極との接続を十分に確保でき、外部電極と内部電極の剥離の生じない信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の積層型圧電アクチュエータは、複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、前記内部電極が交互に第1内部電極または第2内部電極とされたアクチュエータ本体と、該アクチュエータ本体の異なる側面にそれぞれ設けられ、前記第1内部電極同士をそれぞれ電氣的に接続する第1外部電極、および前記第2内部電極同士をそれぞれ電氣的に接続する第2外部電極を具備する積層型圧電アクチュエータであって、前記第1外部電極が形成される前記アクチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出する複数の凹溝を形成し、前記第1内部電極の端部が露出した凹溝に導電体を、前記第2内部電極の端部が露出した凹溝に絶縁体を充填するとともに、前記第2外部電極が形成される前記アクチュエータ本体の側面に、前記複数の内部電極の端部がそれぞれ露出する複数の凹溝を形成し、前記第1内部電極の端部が露出した凹溝に絶縁体を、前記第2内部電極の端部が露出した凹溝に導電体を充填したものである。

【0012】このような積層型圧電アクチュエータでは、内部電極と外部電極が、アクチュエータ本体内に埋設された、内部電極の厚みよりも幅広の導電体を介して接続されるため、内部電極と外部電極の剥離を抑制することができる。これにより、高い印加電界で高速で長期間連続駆動させる場合においても、外部電極と内部電極が剥離や断線することなく高い耐久性を備えた信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0013】また、外部電極を構成する金属薄板が凹溝内の導電体に当接した状態で固着されていることが望ま

しい。このように、アクチュエータ本体の側面に形成した凹溝内の導電体と、金属薄板を溶接、ろう付けなどによって強固に接合することにより、内部電極と外部電極の接合強度を向上できる。

【0014】さらに、金属薄板を導電性接着剤により被覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体に凹部が形成されており、前記金属薄板を被覆した導電性接着剤が、前記導電体の凹部に充填されていることが望ましい。これは、金属薄板を被覆する導電性接着剤が凹溝内の導電体の凹部に充填されることにより、導電性接着剤にアンカー効果が生じ、平面上で接着される場合よりも更に導電性接着剤の固着力が増加し、これにより、内部電極と外部電極の剥離をさらに抑制できる。

【0015】また、金属薄板を導電性接着剤により被覆して外部電極が構成されるとともに、凹溝内の導電体が外方へ向かって突出しており、該導電体の突出部に金属薄板が当接した状態で固着され、かつ、前記金属薄板を被覆した導電性接着剤が、前記導電体の突出部周囲に充填されていることが望ましい。このようにすることにより、導電性接着剤にアンカー効果が生じ、平面上で接着される場合よりも更に導電性接着剤の固着力が増加し、これにより、内部電極と外部電極の剥離をさらに抑制できる。

【0016】さらに、金属薄板が、NiおよびFeを含有する合金からなることが望ましい。このような金属薄板を用いることにより、圧電アクチュエータの伸縮により外部電極に応力が作用した場合においても、発生した応力に対して金属薄板が十分な強度を有するため、金属薄板の断裂を抑制し、高耐久性を備えた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0017】また、金属薄板が、金属メッシュまたは波板形状の金属薄板からなることが望ましい。圧電アクチュエータの伸縮により外部電極に応力が作用した場合においても、発生した応力を金属メッシュまたは波板形状の金属薄板の変形により緩和でき、外部電極の断裂を抑制し、高耐久性を備えた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は本発明の積層型圧電アクチュエータの断面図であり、図2は図1の一部を拡大して示す断面図である。図1および図2において、符号1は、複数の圧電体2と複数の内部電極3a、3bとを交互に積層してなる四角柱状のアクチュエータ本体を示すもので、このアクチュエータ本体1の対向する2つの側面には、第1内部電極3aが電氣的に接続される第1外部電極6a、および第2内部電極3bが電氣的に接続される第2外部電極6bが形成されている。

【0019】圧電体2は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(Zr, Ti)O_3$ (以下PZTと略す) 或いは、チタン酸バリウム $BaTiO_3$ を主成分とする圧電

セラミック材料などが使用されるが、これらに限定されるものではなく、圧電性を有するセラミックスであれば何れでも良い。この圧電体材料としては、圧電歪み定数 d_{33} が高いものが望ましい。また、圧電体2の厚み t 、つまり内部電極3間の距離は、小型化および高い電界を印加するという点から0.05~0.2mmであることが望ましい。

【0020】内部電極3a、3bは、アクチュエータ本体1の4つの側面全てに端部が露出しており、アクチュエータ本体1の第1外部電極6aが形成された側面に

は、全ての内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する複数の凹溝7が形成され、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7には導電体9が、第2内部電極3bの端部が露出した凹溝7には絶縁体11が充填されている。

【0021】また、アクチュエータ本体1の第2外部電極6bが形成された側面には、全ての内部電極3a、3bの端部がそれぞれ露出する複数の凹溝7が形成され、第1内部電極3aの端部が露出した凹溝7には絶縁体11が、第2内部電極3bの端部が露出した凹溝7には導電体9が充填されている。

【0022】凹溝7の積層方向の高さ h は圧電体2の厚み t の約 $1/5 \sim 1/3$ とされている。これは、凹溝7の積層方向の高さ h が圧電体2の厚み t の $1/3$ よりも大きい場合には、凹溝7の高さ h が圧電体2の厚み t の $1/2$ では溝として成立しなくなり、また、 $1/2$ 以下でも凹溝7が削除された残りの圧電体2の厚みが薄くなり、強度が保てなくなり、加工時のハンドリングにおいて破損してしまう危険があるからである。また、凹溝7の高さ h が圧電体2の厚み t の $1/5$ よりも小さい場合には、凹溝7の高さ h が極端に小さくなり、加工が困難となったり、導電体9及び絶縁体11の充填不良が生じ易くなるためである。凹溝7の形状は断面が四角形状とされているが、断面が円形状であっても良い。

【0023】導電体9は、例えば、Agを主体とする合金、Cuを主体とする合金等の導体金属材料からなり、凹溝7の形成後、スクリーン印刷やディッピング等により凹溝7内に充填し、約600℃~900℃で焼成することにより得られる。

【0024】また、絶縁体11は、例えば、ガラス、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、シリコンゴム等の絶縁性材料からなり、凹溝7内に絶縁性材料を充填し、硬化することにより得られる。尚、絶縁体11は低ヤング率の材質、例えばシリコンゴム等が好ましい。これは、高ヤング率の材質を充填すると圧電アクチュエータとして駆動した場合の伸長により絶縁体11と圧電体2の界面で剥離を生じ、絶縁性がとれなくなったり、破壊に至ったり、もしくは、圧電体2に亀裂が生じ、破壊に至る虞があるからである。

【0025】ここで、凹溝7内に充填される導電体9と絶縁体11の形成の順序は、一体焼成して得られたアク

チュエータ本体1に凹溝7を形成し、この凹溝7内に一つ置きに導電体9を充填し、焼成した後に、残りの凹溝7内に絶縁体11を充填することが望ましい。

【0026】外部電極6a、6bは、金属薄板15と導電性接着剤17とから構成されており、金属薄板15は、導電性接着剤17中に埋設して形成され、金属薄板15は、凹溝7内の導電体9に当接した状態で、ロウ付けしたり、溶接することにより固着され、これにより、外部電極6a、6bがアクチュエータ本体1に接合されている。金属薄板15が導電体9に当接する部分の面積は広い方、即ち、平坦であることが、確実に固着するという点から望ましい。また、外部電極6a、6bは、導電性接着剤17によってもアクチュエータ本体1に接合されている。

【0027】金属薄板15は、導電性があり、加工可能であればいずれの金属でもかまわないが、好ましくは、ステンレス(NiおよびFeを含有する合金)、Ni-Fe合金、Ni-Fe-Co合金等の高ヤング率を有する金属により形成されることが望ましい。これは、NiおよびFeを主体とする高ヤング率を有する合金を用いることにより、圧電アクチュエータの伸縮によって外部電極6a、6bに応力が作用した場合においても、発生した応力に対し十分な強度を保つため、金属薄板15の断裂を抑制が可能となるためである。

【0028】導電性接着剤17としては、ニッケル、銀、白金、金などの周期律表第6~9族の比較的体積固有抵抗が小さい導電剤を含有するポリイミド樹脂、導電性シリコンゴム等があるが、これに限定されるものではない。

【0029】また、アクチュエータ本体1の積層方向の両端面には、アクチュエータ本体1を機械的に保持し、発生するパワーを外部へ伝達するための不活性部19が積層され、接合されている。さらに、図示されていないが、外部電極6a、6bの外側を含むアクチュエータ本体1の側面全体がシリコンゴム等の絶縁被覆材によって被覆され、これにより、外部からの水分の進入を防ぐことができ、内部電極及び外部電極間の電ロマイグレーションの発生を抑制し、電極接続の信頼性を確保できる。

【0030】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータは、以下のプロセスにより製造される。まず、チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(Zr, Ti)O_3$ などの圧電体セラミックスの仮焼粉末と、有機高分子からなるバインダーと、可塑剤とを混合したスラリーを作製し、スリップキャスト法により、厚み100~200 μm のセラミックグリーンシートを作製する。

【0031】このグリーンシートの片面に、内部電極3a、3bとなる銀-パラジウムを主成分とする導電性ペーストをスクリーン印刷法により1~10 μm の厚みに印刷する。この導電性ペーストを乾燥させた後、導電性

ペーストが塗布された複数のグリーンシートを所定の枚数だけ積層し、この積層体の積層方向の両端部に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層する。

【0032】次に、この積層体を50～200℃で加熱しながら加圧し、積層体を一体化する。一体化された積層体は所定の大きさに切断された後、400～800℃で5～40時間、脱バインダが行われ、900～1200℃で2～5時間焼成し、両端面に不活性部19を有するアクチュエータ本体1を得る。このアクチュエータ本体1の側面には、内部電極3a、3bの端部が露出している。

【0033】この後、アクチュエータ本体1を固定治具にセットし、所定の形状になるまで平面研削盤等を用いてアクチュエータ本体1の側面の加工を行う。

【0034】その後、アクチュエータ本体1の2つの対向する側面において、内部電極3a、3b端部が露出した部分を、深さ100～500μm、積層方向の高さhが20～50μmの凹溝7を形成し、該凹溝7内に一つ置きにAg-Pd等の導電性ペーストを充填した後、600～900℃で2～5時間焼成することにより導電体9を充填する。

【0035】そして、導電体9間の開口している凹溝7内にシリコンゴム等の絶縁体11を充填する。この後、金属薄板15をアクチュエータ本体1に当接した状態で、例えば、導電体9にスポット溶接、超音波溶接等の溶接手法、あるいは、ろう付け等の手法により固着し、この後、アクチュエータ本体1の側面および金属薄板15の表面に導電性接着剤17を塗布し、外部電極6a、6bが形成される。特に、導電性接着剤17を塗布し、真空引きすることにより、金属薄板15とアクチュエータ本体1との間に確実に充填することができる。

【0036】外部電極6a、6bの導電性接着剤17としてポリイミドを用いた場合について説明する。まず、導電性接着剤17として用いるポリイミド樹脂は、濃硫酸以外には溶解しない難溶解性の樹脂であるため、ポリイミドの前駆体であるポリアミク酸を適当な溶媒、例えば、N-メチル-2-ピロリドン(NMP)やテトラヒドロフラン(THF)などに溶解させ、ワニス状にする。このワニスに望みとする体積分率で導電剤を混合、混練し、ペースト状にする。

【0037】なお、混練の際には、3本ローラーミルの混練機を用いるのが望ましい。また、導電性接着剤17中に含有する導電剤としては、特にニッケル、銀、白金、金などの周期律表第6～9族の比較的体積固有抵抗が低い金属粉末を用いることが望ましい。

【0038】上記のようにして作製した導電性接着剤17のペーストを、導電体9と接続された金属薄板15の露出面、および外部電極6a、6bを形成するようにアクチュエータ本体1の所定の位置に塗布し、室温～40

0℃の空气中または窒素雰囲気中で溶媒を蒸発させるとともに、硬化反応を起こさせることにより、外部電極6a、6bを形成することができる。

【0039】この後、図示しないが、正極用および負極用の外部電極6a、6bにリード線を接続し、圧電アクチュエータの周囲にデイスピング等の方法により、シリコンゴム等の被覆材を被覆する。さらに、正極、負極用の外部電極6a、6bに約1～3kV/mmの分極電界を印加し、圧電板2への分極処理を行い、本発明の積層型圧電アクチュエータが得られる。

【0040】尚、本発明の積層型圧電アクチュエータは、四角柱、六角柱、円柱等、どのような柱体であっても構わないが、切断の容易性から四角柱状が望ましい。

【0041】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータでは、内部電極3a、3bと外部電極6a、6bが、アクチュエータ本体1内に埋設された、内部電極3a、3bの厚みよりも幅広の導電体9を介して接続されるため、内部電極3a、3bと外部電極6a、6bの剥離を抑制することができ、これにより、高い印加電界で高速で長期連続駆動させる場合においても、外部電極6a、6bと内部電極3a、3bが剥離や断線することなく高い耐久性を備えた信頼性の高い積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【0042】図3は、本発明の他の積層型圧電アクチュエータを示すもので、図3の積層型圧電アクチュエータでは、凹溝7内の導電体9に凹部21が形成されており、金属薄板15を被覆した導電性接着剤17が、導電体9の凹部21内に充填されている。図4は、図3の導電性接着剤17を除去した状態の側面図を示すもので、凹溝7および導電体9の凹部21は金属薄板15の幅よりも少々広く形成され、導電性接着剤17は凹溝7全体を覆うように形成されている。

【0043】この導電体9に形成される凹部21は、上記と同様のアクチュエータ本体1を得た後、アクチュエータ本体1の凹溝7内に導電体9を充填し、アクチュエータ本体1の凹溝7を形成する場合と同じピッチにおいて導電体9に深さ50～150μm、積層方向の高さ10～30μmの凹部21を形成する。その後、上記と同様にして、金属薄板15をアクチュエータ本体1に当接した状態で導電体9に固着し、導電体9表面を含むアクチュエータ本体1の側面、および金属薄板15の表面に導電性接着剤17を塗布し、導電性接着剤17を凹部21内に充填する。特に、真空引きすると導電性接着剤17を凹部21内に確実に充填できる。

【0044】このような積層型圧電アクチュエータでは、金属薄板15を被覆する導電性接着剤17が導電体9の凹部21内に充填されることにより、導電性接着剤17にアンカー効果が生じ、図1に示したように、アクチュエータ本体1の平面上で接着する場合よりも更に導電性接着剤17の固着力が増加し、これにより、内部電

極3a、3bと外部電極6a、6bの剥離をさらに抑制できる。

【0045】図5は、本発明のさらに他の積層型圧電アクチュエータを示すもので、図5の積層型圧電アクチュエータでは、凹溝7内の導電体9が外方へ向かって突出しており、この導電体9の突出部31に、外部電極6a、6bを構成する金属薄板15が当接した状態で固着されている。

【0046】この突出部31は、上記と同様のアクチュエータ本体1を得た後、凹溝7内に導電体9を充填し、乾燥した後、予めアクチュエータ本体1の凹溝7の導電体9が充填されている以外の部分にマスキングを行い、所定の突出部31が形成されるようなスクリーンパターンを用い、導電性ペーストを印刷、乾燥することにより、突出部31が形成される。その後、上記と同様にし、金属薄板15をアクチュエータ本体1に当接した状態で導電体9の突出部31に固着し、突出部31の周囲を含むアクチュエータ本体1の側面、および金属薄板15の表面に導電性接着剤17を塗布し、積層型圧電アクチュエータを得る。

【0047】以上のように構成された積層型圧電アクチュエータでも、金属薄板15とアクチュエータ本体1との間であって、突出部31の周囲に導電性接着剤17を充填することにより、外部電極6a、6bを構成する導電性接着剤17のアンカー効果により、アクチュエータ本体1の平面上で接着する場合よりも更に導電性接着剤17の固着力が増加し、これにより、内部電極3a、3bと外部電極6a、6bの剥離をさらに抑制できる。

【0048】図6および図7は、本発明のさらに他の積層型圧電アクチュエータを示すもので、図6の積層型圧電アクチュエータでは、金属薄板41が波板形状とされており、図7では、金属薄板45が金属メッシュにより形成されている。

【0049】このような積層型圧電アクチュエータでは、伸縮により外部電極6a、6bに応力が作用した場合においても、発生した応力を金属メッシュまたは波板形状の金属薄板41、45の変形により緩和でき、外部電極6a、6bの断裂を抑制できる。

【0050】

【実施例】PZTを主成分とする厚み200 μ mのグリーンシートにAg/Pdを主成分とする内部電極ペーストを厚み5 μ mで印刷形成した。内部電極ペーストが塗布されたグリーンシートを300枚積層し、この後、両面に内部電極ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層し、加熱接合して一体化した。

【0051】積層体を縦10mm×横10mm×高さ40mmになるように切断し、最高温度700～800℃、20～30時間で脱バインダを行った。その後、最高温度900℃～1100℃で3～5時間焼成を行い、アクチュエータ本体を得た。

【0052】次に、得られたアクチュエータ本体を固定治具にセットし、アクチュエータ本体の側面の平面研削を行った。その後、図2に示した形状で、アクチュエータ本体の側面の内部電極が露出している部分（圧電板及び内部電極）をカット・ソーにより削除し、深さ方向に500 μ m、積層方向の高さh50 μ mの凹溝7を形成した。

【0053】この後、アクチュエータ本体1の凹溝7にAg-Pd（97：3）ペーストをディスペンサーを用いて注入し、充填を行った。そして、120℃で10分間予備乾燥させた後、900℃、2時間の焼成を行い、導電体9を形成した。

【0054】次に、導電体9の充填されていない凹溝7内にシリコーンゴムを常温で塗布し、真空脱泡により充填した。その後、コパール箔からなる金属薄板15をアクチュエータ本体1の側面に配置し、導電体9の位置の金属薄板15を超音波溶接により接合した。

【0055】そして、銀ボリイミド樹脂からなる導電性接着剤17をアクチュエータ本体1の所定部分および金属薄板15表面に塗布し、220℃の乾燥炉にて硬化接着を行った。その後、リード線を金属薄板15に半田付けし、シリコーンゴムにて全体を被覆し、正極および負極の外部電極6a、6bに2.5kV/mmの直流電界を30分間印加して分極処理を行ない、積層型圧電アクチュエータを得た。

【0056】そして、積層型圧電アクチュエータに応力20MPaを印加し、駆動電圧200Vにて変位量を確認したところ、40 μ mの変位量が得られた。次に、応力20MPaを印加し、0～200Vのパルス交番電界を周波数60Hzにて印加し、連続駆動試験を行った。

【0057】その結果、本発明の積層型圧電アクチュエータでは、駆動サイクル1×10⁹回でも破損はなく、変位量も40 μ mを維持した。外観上でスパーク跡は確認できなかったため、断面観察を行ったところ、外部電極6a、6bと内部電極3a、3bの剥離は生じていないことを確認した。

【0058】比較として、凹溝内に絶縁体だけ充填して一方の内部電極と絶縁するとともに、アクチュエータ本体に他方の内部電極の端部を露出させ、これに金属薄板をAgボリイミドで埋設した外部電極を接続した積層型圧電アクチュエータを作製し、同様の評価を行った結果、初期の評価においては、上記のサンプル同様、40 μ mの変位量を示した。その後、連続駆動試験を行ったところ、駆動サイクル7×10⁷回にて、外部電極がアクチュエータ本体から剥離し、内部電極から外部電極が剥離し、変位量が初期状態から大きく低下し、30 μ mとなった。

【0059】

【発明の効果】本発明の積層型圧電アクチュエータでは、内部電極と外部電極が、アクチュエータ本体内に埋

設された、内部電極の厚みよりも幅広の導電体を介して接続されるため、内部電極と外部電極の剥離を抑制することができる。これにより、高い印加電界で高速で長期連続駆動させる場合においても、外部電極と内部電極が剥離や断線することなく高い耐久性を備えた積層型圧電アクチュエータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

【図2】図1の一部を拡大して示す断面図である。

【図3】本発明の他の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

【図4】図3の一部を拡大して示す側面図である。

【図5】本発明のさらに他の積層型圧電アクチュエータを示す断面図である。

【図6】波板形状の金属薄板を用いた場合の断面図であ

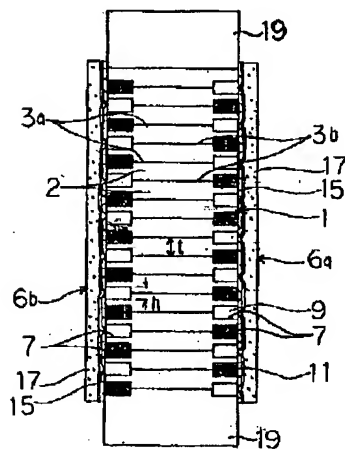
る。

【図7】金属メッシュからなる金属薄板を用いた場合の断面図である。

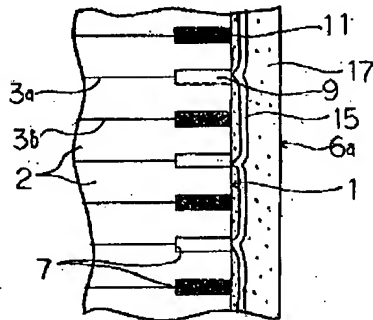
【符号の説明】

- 1・・・アクチュエータ本体
- 2・・・圧電体
- 3a、3b・・・内部電極
- 6a、6b・・・外部電極
- 7・・・凹溝
- 9・・・導電体
- 11・・・絶縁体
- 15、41、45・・・金属薄板
- 17・・・導電性接着剤
- 21・・・導電体の凹部
- 31・・・導電体の突出部

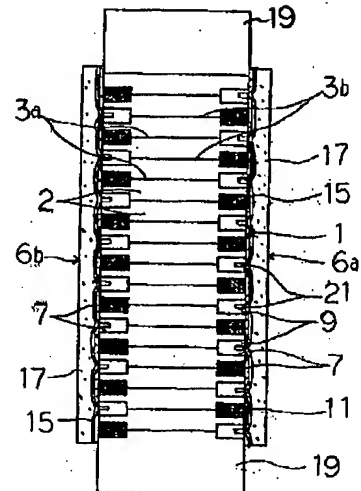
【図1】



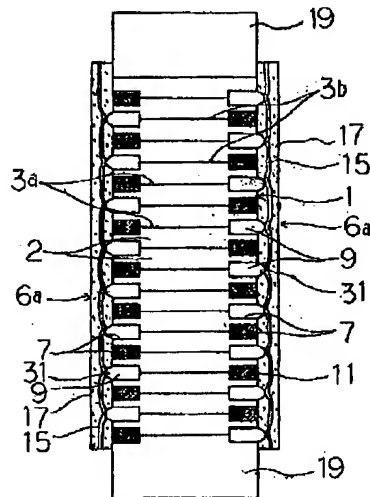
【図2】



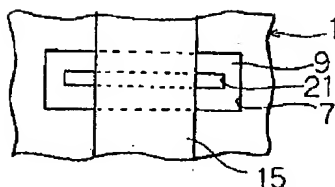
【図3】



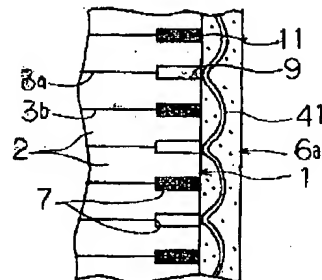
【図5】



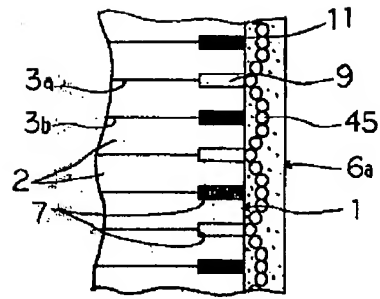
【図4】



【図6】



【図7】



CLIPPEDIMAGE= JP407226541A
PAT-NO: JP407226541A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07226541 A
TITLE: MULTILAYERED PIEZOELECTRIC ELEMENT

PUBN-DATE: August 22, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKAWA, YASUO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

BROTHER IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06015083

APPL-DATE: February 9, 1994

INT-CL_(IPC): H01L041/083

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a multilayered piezoelectric element which can prevent the failure like peeling, by surely connecting an outer electrode with inner electrodes every other layer, preventing imperfect conduction and imperfect insulation, and intensely bonding the outer electrode to an element main body.

CONSTITUTION: On the side surface of a multilayered member wherein piezoelectric material films 11 and inner electrodes 12 are alternately overlapped, conductive protruding parts 16 are formed every other layer, and an insulating film 13 is formed so as to cover all the piezoelectric

material
films 11 in the laminating direction of the element. A copper foil 15
having
protrusions 15a is formed as an outer electrode on the insulating film
13. The
outer electrode is electrically connected with the inner electrodes by
bringing
the protrusions 15a into contact with the conductive protruding parts
16.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-226541

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51)IntCl.⁶
H 0 1 L 41/083

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 41/ 08

Q

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平6-15083

(22)出願日 平成6年(1994)2月9日

(71)出願人 000005267

ブラザー工業株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区苗代町15番1号

(72)発明者 大川 康夫

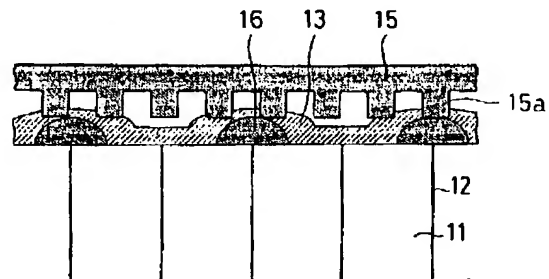
名古屋市瑞穂区苗代町15番1号ブラザー工業株式会社内

(54)【発明の名称】 積層型圧電素子

(57)【要約】

【目的】 外部電極と内部電極を一層おきに確実に接続し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極と素子本体とを強力で接着することにより、剥がれ等の不良を防止することができる積層型圧電素子を提供すること。

【構成】 圧電材料膜11と内部電極12とが交互に重なる積層体の側面において、一層おきに導電性凸部16を形成すると共に、素子の積層方向に全ての圧電材料膜11にかかるように絶縁膜13を形成する。さらに、その上に、突起15aを有した銅箔15を外部電極として形成し、この外部電極は、突起15aと導電性凸部16との接触を介して内部電極12と電気的に接続される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電材料と内部電極とが交互に積層されている積層体の側面において、

一層おきの内部電極の端部に形成された導電性凸部と、前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を覆う絶縁膜と、

前記積層体と対向する面に高さが一樣に等しい多数の突起を有し、前記絶縁膜の上面側から積層体に向けて圧縮されることにより、前記各突起が前記絶縁膜を突き破り、前記各導電性凸部に接触する前記突起を介して前記内部電極と電氣的に接続される外部電極と、

を備えたことを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項2】 前記外部電極の各突起の幅を前記導電性凸部の幅より狭く形成したことを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電素子。

【請求項3】 隣合う前記各導電性凸部同志の間に前記突起が複数個存在するような間隔で、前記各突起を外部電極に配列したことを特徴とする請求項1に記載の積層型圧電素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、圧電材料の薄膜を多数枚積層し、電圧を印加することにより縦方向の変位を得る積層型圧電素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、積層型の圧電素子を製造する場合、内部電極を一層おきに外部電極に接続する必要があるが、従来の積層コンデンサ方式を用いると内部電極面積が素子の断面積より小さいため、電界が全面に発生せず、変位を阻害するばかりでなく不均一な部分に応力集中が発生し、ついには破壊するという致命的な欠点がある。また、積層時の位置決めが難しく、多くても数十枚程度の積層枚数が限界であり、同じ印加電圧の場合、素子の変位量は積層枚数に比例するため、大きな変位量を発生する素子を製造することは困難であった。この欠点を解消するために圧電シートの全面に電極を印刷して積層する方法、即ち、内部電極の面積と素子の面積を等しくする構造が一般的になっている。そして、その一例として、図8及び図9に示すような方法が考えられている。

【0003】まず、図8(a)に示すように、内部電極72が印刷された膜状の圧電材料71を一層おきに内部電極72の端部が露出するように積層し、焼結して焼結体70を形成する。そして、内部電極72の端部が一層おきに露出している側面に仮の外部電極73、74を塗布し、その仮の外部電極73を陰極として電気メッキを行うと、図8(b)に示すように、電気メッキ法による導電性凸部75が一層おきに形成された状態となる。

【0004】以下、焼結体70の縦断面図で説明する。図9(a)に示すように、導電性凸部75及び内部電極

72の端部に電着塗装法等により樹脂成分76を電着させ、150℃前後で焼き付けると、図9(b)に示すように、絶縁層77が形成される。

【0005】一方、図9(c)に示すように、熱圧着が可能で、且つ加圧部分のみ一方向への導電性を持ち、導電性粒子80を含有した異方性導電膜78と、外部電極となる銅箔79とを貼り合わせたものを用意し、図9

(d)に示すように、熱圧着すると、異方性導電膜78は導電性凸部75と対向した部分のみが他の部分より高い圧力で部分的に加圧されることになり、その結果、高い圧力で加圧された部分の導電性粒子80が絶縁層77を突き破り、導電性凸部75及び銅箔79と接触することになり、一層置き内部電極72が銅箔79に電氣的に接続される。

【0006】同様の方法で、反対側の側面で層をずらして一層おきの内部電極と銅箔とを接続した焼結体70は、リード線の取り付け、樹脂外装及び分極処理等の工程を経て完成品となる。

【0007】

20 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような積層型圧電素子では、絶縁層77を突き破り、外部電極79と内部電極75とを接続する媒体として導電性粒子80を用いているため、次のような問題が生じた。

【0008】導電性粒子80の粒子の大きさには、ばらつきがあり、その分散状態も場所により異なっているため、加圧されても導電性粒子80が導電性凸部75まで届かず電氣的に接続されない層ができたり、逆に、導電性凸部75のない、本来絶縁されるべき層が導通してしまうことあった。また、導電性粒子80の存在により銅箔79の接着力が弱くなり、素子の駆動中に剥がれてしまうことがあった。

【0009】本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、外部電極を一層置き内部電極に確実に接続し、導通不良や絶縁不良を防止すると共に、外部電極と素子本体とを強力で接着することにより、剥がれ等の不良を防止することができる積層型圧電素子を提供することを目的としている。

【0010】

40 【課題を解決するための手段】この目的を達成するために本発明の積層型圧電素子は、圧電材料と内部電極とが交互に積層されている積層体の側面において、一層おきの内部電極の端部に形成された導電性凸部と、前記導電性凸部が形成された積層体の前記側面の全体を覆う絶縁膜と、前記積層体と対向する面に高さが一樣に等しい多数の突起を有し、前記絶縁膜の上面側から積層体に向けて圧縮することにより、前記各突起が前記絶縁膜を突き破り、前記各導電性凸部に接触する前記突起を介して前記内部電極と電氣的に接続される外部電極とを備えている。

【0011】また、前記外部電極の各突起の幅を前記導電性凸部の幅より狭く形成することが望ましい。

【0012】さらに、隣合う前記各導電性凸部同志の間に前記突起が複数個存在するような間隔で、前記各突起を外部電極に配列することが望ましい。

【0013】

【作用】上記の構成を有する本発明の積層型圧電素子は、前記絶縁膜を突き破り導電性凸部と接触する突起が、外部電極と一体的に形成されており、しかも高さが一様に等しく形成されているので、各導電性凸部に対して、少なくとも一つの突起が確実に接触し、導電性凸部を介して内部電極と外部電極とが電気的に接続され、導電性凸部の形成されていない内部電極には、前記突起が接触しないため確実に絶縁される。

【0014】

【実施例】以下、本発明を具体化した実施例を図面を参照して説明する。

【0015】図1に本発明による積層型圧電素子の断面図を示す。圧電材料膜11と内部電極12とが交互に重なる積層体の側面において、一層おきに導電性凸部16が形成されると共に、素子の積層方向に全ての圧電材料膜11にかかるように絶縁膜13が形成されている。さらに、その上には、突起15aを有した銅箔15が、外部電極として形成され、この外部電極は、導電性凸部16を介して内部電極12と電気的に接続されている。

【0016】次に、図1に示される積層型圧電素子の製造方法について図面を参照して説明する。

【0017】まず、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）を主成分とする圧電材料を所望の組成に混合した後、850℃で仮焼成した粉末に5重量部のバインダーと微量の可塑材および消泡剤を添加し、有機溶媒中に分散させスラリー状にする。このスラリーをドクターブレード法により所定の厚さに成形しグリーンシートとする。このグリーンシート上に内部電極12としてPd（パラジウム）ペーストをスクリーン印刷し、所定寸法に打ち抜いたものを所定枚数積層し熱プレスにより一体化する。脱脂後、約1200℃で焼結を行い、図2に示すように、内部電極12が一層おきに露出するような位置で切断した焼結体21に、仮の外部電極22、23を塗布焼き付けし、さらに別の一对の側面24、25が露出するように切断する。

【0018】そして、焼結体21の一方の側面24において、導電性凸部16を形成する部分を残して他の全ての部分をテープでマスキングし、かつ他方の側面25全体をテープでマスキングした状態で、直流電源の負極に仮の外部電極22を接続してニッケルメッキ浴中に沈める。この状態で50mAの電流を約5分間流すと、仮の外部電極22につながる内部電極12にニッケルメッキが成長し、マスキングテープを剥すと、図3に示すように、ニッケルメッキ製の導電性凸部16が一層置きに形

成された状態となる。次に、反対側の側面25にも層をずらして導電性凸部16を形成するべく、既に導電性凸部16が形成された側面24の全体と、側面25の一部とをテープでマスキングして保護した後、負極を仮の外部電極23に接続してニッケルメッキを成長させる。これにより、側面25においても側面24と一層ずつずれて導電性凸部16が形成される。

【0019】洗浄後、直流電源の負極を仮の外部電極22、23に接続し、所定量の顔料を添加したエポキシカチオン電着塗料浴中に沈め、100Vの電圧を2分間かけると、図4に示すように、導電性凸部16が形成されている内部電極12は、導電性凸部16の表面に、エポキシカチオン電着塗料が電着し、導電性凸部16が形成されていない内部電極12は、その端部にエポキシカチオン電着塗料が電着する。その後、オープン中で150℃で30分間加熱処理すると、エポキシ樹脂成分が硬化する過程で流動性を持つため、図5に示すように平坦化され、絶縁膜13となる。

【0020】また、焼結体21とは別に、図6に示すように、ローラー等で加工することにより銅箔15の片面に突起15aを多数形成し、その表面に熱硬化性のエポキシ系接着剤を塗布したものを用意しておく。この突起15aは、導電性凸部16の幅の約4分の1程度の幅で形成され、また、隣合う導電性凸部16同志の間にこの突起15aが3個程度存在するような間隔で形成されている。

【0021】これを図7に示すように焼結体21の側面24、25にそれぞれの導電性凸部にかかるような大きさに切断し、突起15aと絶縁膜13とが向かい合うように仮止めする。そして、ほぼ180℃に熱した一对の平面状の加圧用治具（図7は一側面がわのみ図示）53ではさみ、数kgの荷重をかけて熱圧着すると、導電性凸部の部分のみが他の部分よりも高い圧力で部分的に加圧され、その結果、図1に示すように高い圧力で加圧された部分のみ銅箔15の突起15aが、絶縁膜13を突き破り、導電性凸部16と接触し、一層置きに内部電極12が銅箔15とが接続された状態となる。

【0022】そして、互いに反対向きの各側面24、25で層をずらして一層置きに各内部電極12に銅箔15を接続した焼結体21は、素子1個分に切断された後、銅箔15の一部に電力供給用のリード線を取り付け、樹脂外装および分極処理を施して完成品となる。

【0023】このように、本実施例の積層型圧電素子においては、絶縁膜13を突き破り導電性凸部16と接触する突起15aが、外部電極15と一体的に形成されており、しかも高さが一様に等しく形成されているので、各導電性凸部16に対して、少なくとも一つの突起15aが確実に接触し、導電性凸部を介して内部電極12と外部電極15が電気的に接続され、また、導電性凸部16の形成されていない内部電極12には、突起15aが

5

接触しないため確実に絶縁される。

【0024】また、突起15aを有していることにより、従来と比較して、外部電極15と素子本体との接着面積が増加し、外部電極15と素子本体とを強力に接着することができるので、剥がれ等の不良を防止することができる。

【0025】さらに、本実施例においては、各突起15aを導電性凸部16の幅の約4分の1程度の幅で、比較的狭く形成しているのので、絶縁膜13を突き破りやすく、比較的弱い圧力で内部電極12と銅箔15を接続することができる。そして、突起15aは、隣合う導電性凸部16同志の間に、3個程度存在するような間隔で形成されているので、導電性凸部16の数に対して、突起15aが多数存在し、その配列方向に位置決めすることなく銅箔15を圧着しても、いずれかの突起15aを各導電性凸部16に確実に接触させることができる。

【0026】尚、本発明は上述した実施例に限定されるものではなく、その主旨を逸脱しない限り種々の変更を加えることができる。例えば、ニッケルメッキの代わりにクロムメッキや銅メッキを用いても同様の効果を得ることができる。また、一層置き各導電性凸部に接続可能であれば、突起の数、幅及び間隔は任意に変更可能であり、その形状は、矩形だけでなく、先端が細くなった山型形状や波型形状に形成しても良い。

【0027】

【発明の効果】以上説明したことから明かなように、本

6

発明の積層型圧電素子によれば、外部電極と内部電極とを一層おきに確実に接続することができるので、導通不良や絶縁不良の発生を防止することができ、また、外部電極を積層体に強力に接着することができるので、剥がれ等の不良を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の積層型圧電素子の断面図である。

【図2】切断された積層焼結体の斜視図である。

【図3】導電性凸部が形成された状態の焼結体の斜視図である。

【図4】エポキシカチオン電着塗料が電着された状態を示す断面図である。

【図5】エポキシカチオン電着塗料が加熱により流動した状態を示す断面図である。

【図6】突起が形成された銅箔の断面図である。

【図7】突起を形成した銅箔を積層体に加圧する状態を示す説明図である。

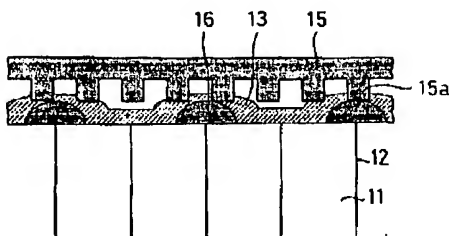
【図8】従来の積層型圧電素子の説明図である。

【図9】従来の積層型圧電素子の説明図である。

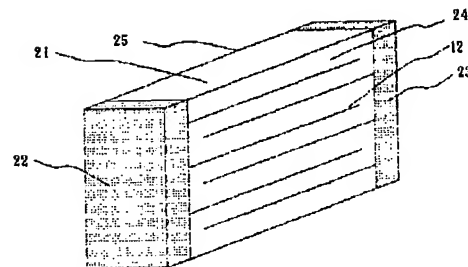
【符号の説明】

- 11 圧電材料膜
- 12 内部電極
- 13 絶縁膜
- 15 銅箔
- 15a 突起
- 16 導電性凸部

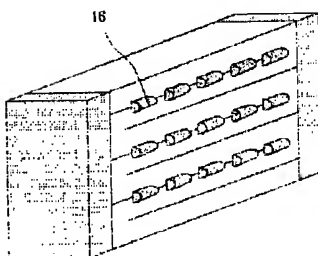
【図1】



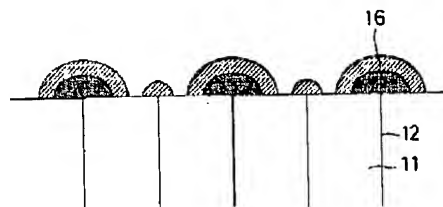
【図2】



【図3】



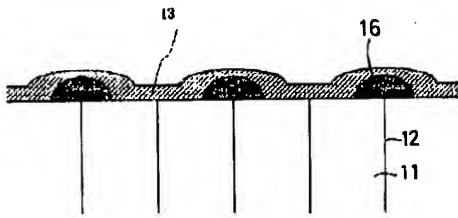
【図4】



(5)

特開平7-226541

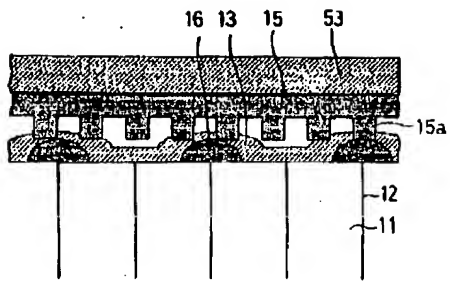
【図5】



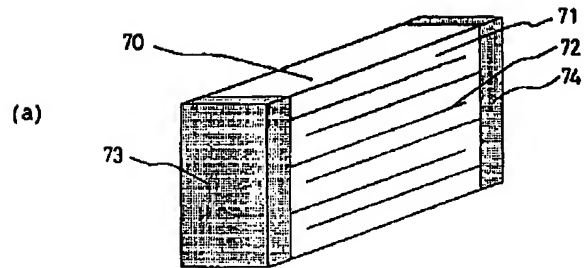
【図6】



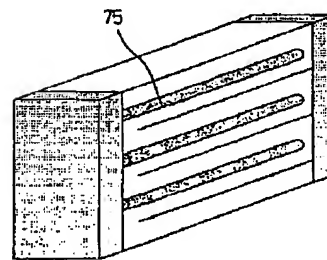
【図7】



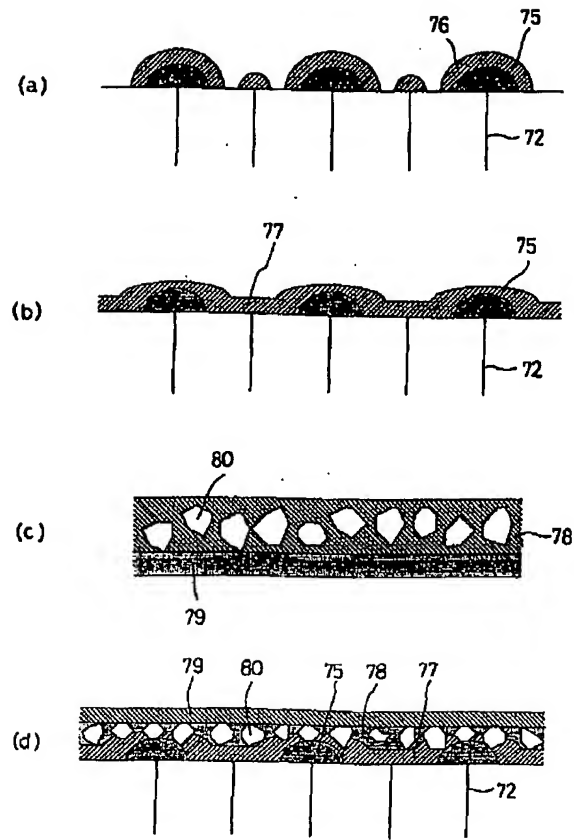
【図8】



(b)



【図9】



DERWENT-ACC-NO: 2001-182494
DERWENT-WEEK: 200203
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezo element with multilayer structure has piezo layers
consisting of
continuous foil folded during manufacture with electrically conducting
electrodes

INVENTOR: BOECKING, F; SUGG, B

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028188 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
DE 19928188 A1	December 6, 2001	N/A	000
H01L 041/047			
WO 200079610	December 28, 2000	G	017
H01L 041/083			
A1			

DESIGNATED-STATES: CN HU JP KR US AT BE CH CY DE DK ES
FI FR GB GR IE IT LU MC N
L PT SE

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
DE 19928188A1	N/A	1999DE-1028188
		June 19, 1999
WO	N/A	2000WO-DE01342
2000		April 28,

200079610A1

INT-CL_(IPC): H01L041/047; H01L041/083 ; H01L041/09 ;
H02N002/00

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079610A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The piezo element has a multilayer structure of piezo layers (4) with intermediate inner electrodes (6,7) and an alternating contacting of the inner electrodes via outer electrodes (9,10). The individual piezo layers consist of a continuous foil (2) that is folded during manufacture and that is wholly or partly provided with electrically conducting electrodes.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for a method of manufacturing a piezoelement.

USE - For a piezoelectric actuator, e.g. for actuating a mechanical component such as a valve.

ADVANTAGE - Surfaces between lateral notches can be metallised without adversely affecting the inner electrodes.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a piezo element structure

piezo layers 4

inner electrodes 6,7

outer electrodes 9,10

foil 2

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

TITLE-TERMS:

PIEZO ELEMENT MULTILAYER STRUCTURE PIEZO LAYER
CONSIST CONTINUOUS FOIL FOLD
MANUFACTURE ELECTRIC CONDUCTING ELECTRODE

DERWENT-CLASS: V06 X25

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U; X25-L01;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130313

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79610 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/083,
41/047

[DE/DE]; Friedrich-Schaffert-Strasse 8, D-70839 Gerlingen (DE). BOECKING, Friedrich [DE/DE]; Kahlhieb 34, D-70499 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01342

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, HU, JP, KR, US.

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. April 2000 (28.04.2000)

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 28 188.2 19. Juni 1999 (19.06.1999) DE

Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).

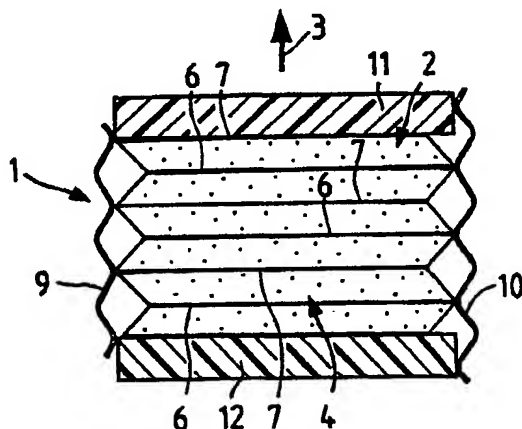
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SUGG, Bertram

(54) Title: PIEZO-ELEMENT COMPRISING A MULTILAYER STRUCTURE THAT IS PRODUCED BY FOLDING

(54) Bezeichnung: PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTELLTEN MEHRSCHICHTAUFBAU



(57) Abstract: The invention relates to a piezo-element comprising a multilayer structure of piezo-layers (2; 20) with electrodes (6, 7; 21, 22) arranged therebetween. The inventive piezo-element is provided with a mutual lateral contacting of said electrodes (6, 7; 21, 22) that is effected by outer electrodes (9, 10). The individual piezo-layers (4) are comprised of a continuous film (2; 20) which can be folded during production and which is partially or completely provided with the electrically conductive electrodes (6, 7; 21, 22). The piezo-layers (2, 20) are formed by folding said film at notches (5, 5.1, 5.2) placed at predetermined intervals in a manner that is transversal to the direction of folding, whereby the inner electrodes (6, 7; 21, 22) are formed by the metallized layers located on the inner side of the notches (5, 5.1, 5.2) after folding.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (2; 20) mit dazwischen angeordneten Elektroden (6, 7; 21,

22) vorgeschlagen, das mit einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden (6, 7; 21, 22) über Aussenelektroden (9, 10) versehen ist. Die einzelnen Piezolagen (4) bestehen aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie (2; 20), die ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden Elektroden (6, 7; 21, 22) versehen sind. Die Piezolagen (2; 20) sind durch Faltung an in vorgegebenen Abständen quer zur Faltrichtung angebrachten Kerben (5, 5.1, 5.2) gebildet, wobei die Innenelektroden (6, 7; 21, 22) durch die nach der Faltung an der Innenseite der Kerben (5, 5.1, 5.2) liegenden metallisierten Schichten gebildet werden.

WO 00/79610 A1

PIEZOELEMENT MIT EINEM MITTELS FALTUNG HERGESTELLTEN MEHRSCHICHTAUFBAUStand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und ein Verfahren zu dessen Herstellung, beispielsweise für einen Piezoaktor zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebe-

reiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen (Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Die jeweiligen Innenelektroden sind hierbei jeweils gegenüber den Außenelektroden um einen Bereich versetzt, damit hier kein Kurzschluß erfolgt. Der Aufwand beim Stapeln der einzelnen Piezolagen ist dabei sehr hoch, da bis zu mehreren Hundert einzelne Folienschichten separat verarbeitet werden müssen.

Vorteile der Erfindung

Das eingangs beschriebene Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen, mit dazwischen angeordneten Elektroden und einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden, kann in vorteilhafter Weise Bestandteil eines Piezoaktors sein, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen benutzt werden kann. Erfindungsgemäß bestehen die einzelnen Piezolagen aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie aus Piezokeramik, die ganz oder teilweise auf ihre Oberfläche mit elektrisch leitenden Elektroden versehen sind.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Folie zur Herstellung der Elektroden ganz oder teilweise metallisiert und die Piezolagen sind durch Faltung an, in vorgegebenen Abständen quer zur Faltrichtung angebrachten, Kerben gebildet, wobei die Innenelektroden durch die nach der Faltung an der Innenseite der Kerben liegenden metallisierten Schichten zwischen den Piezolagen gebildet sind

und an der Außenseite der Kerben die metallisierten Schichten durch die Kerben unterbrochen sind.

Die metallisierten Schichten können beispielsweise durch Bedrucken oder Sputtern aufgebracht werden. Die Innenelektroden sind dabei an den nach der Faltung nach außen ragenden Innenseiten der Kerben mit den Außenelektroden kontaktiert. Der Kerbwinkel α ist dabei individuell an die Dicke der Folie oder sonstige Gegebenheiten anpassbar.

In vorteilhafter Weise können an mindestens an einer Seite der Folie jeweils nur jede zweite Fläche zwischen den Kerben metallisiert werden, ohne die Bildung der Innenelektroden zu beeinträchtigen.

Jeweils außen im Kerbbereich der gefalteten Folie können auf einfache Weise Außenelektroden zur Bildung der wechselseitigen Kontaktierung an die metallisierte Schicht, bzw. die Innenelektrode, angebracht werden, wobei die Außenelektroden aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bzw. auch aus einer Wellelektroden bestehen können.

Um das gesamte Piezoelement nach außen zu isolieren, ist der Mehrschichtaufbau der Piezolagen jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte versehen.

Bei einem vorteilhaften Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements der zuvor beschriebenen Art werden folgende Herstellungsschritte durchgeführt:

- Die Piezofolie wird in der Breite des Piezoelements geschnitten und in vorgegebenen Abständen jeweils wechselseitig mit Kerben versehen.
- Auf beiden Seiten wird nunmehr die Piezofolie ganz oder teilweise metallisiert.
- Die Piezofolie wird dann an den Kerben, jeweils um die Innenseite der Kerbe gefaltet.

- Die Außenelektroden werden an die Innenelektroden, im Biegebereich in der nach der Faltung nach außen ragenden Innenseite der Kerbe, z. B. angelötet.
- Auf die äußeren Piezolagen wird jeweils eine elektrisch isolierende Kopf- und Fussplatte aufgebracht.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Piezoelements zur Bildung eines Piezoaktors wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Mehrschichtaufbau des Piezoelements aus einer Piezofolie, der durch Faltung an Kerben hergestellt ist;

Figur 2 eine Detailansicht einer gekerbten Folie mit durchgehender Metallisierung und

Figur 3 eine Detailansicht einer gekerbten Folie mit teilweiser Metallisierung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 ist ein Piezoelement 1 zur Bildung eines Piezoaktors gezeigt, der aus einer Piezofolie 2 eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung eine mechanische Reaktion des Piezoaktors in Richtung des Pfeiles 3 erfolgt.

Aus der Figur 1 ist erkennbar, dass Piezolagen 4 durch eine Faltung der Piezofolie 2 gebildet sind, die im Zustand vor ihrer Faltung in Figur 2 gezeigt ist. Die Piezofolie 2 ist vor der Faltung in der Breite des Piezoelements 1 geschnitten worden und auf beiden Seiten metallisiert, damit sich Elektroden herausbilden, die nach der Faltung jeweils wechselseitig als Innenelektroden 6 und 7 wirken.

In der Figur 2 ist gezeigt, dass die Piezofolie 2 vor der Faltung mit Kerben 5 (d.h. im dargestellten Ausschnitt 5.1, 5.2) versehen worden ist, die dabei wechselseitig in die Folie 2 eingebracht sind und in etwa einen Winkel α umfassen. Die Faltung erfolgt hier z.B. in der Kerbe 5.1 um den Pfeil 8, so dass sich hier auf der linken Seite eine der Innenelektroden (z.B. die Innenelektrode 6) nach dem Aufeinanderklappen herausbildet. Auf der rechten Seite entstehen jeweils auch beiderseits der offenen Seite der Kerbe 5.1 die anderen Innenelektroden (hier eine der Innenelektroden 7).

Das so gefaltete Paket der Piezolagen 4 wird nach dem laminieren und sintern mit Außenelektroden 9 und 10 versehen, die beim gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils aus einer metallischen Wellelektrode bestehen. Im jeweiligen hervorstehenden Faltbereich der vorherigen Kerben 5 werden die Außenelektroden 9 und 10 mit der metallisierten

Schicht auf den Piezolagen 4 elektrisch leitend verbunden, so dass eine elektrische Spannung auf die Innenelektroden 6 und 7 zur Erzeugung des Piezoeffekts aufbringbar ist.

Auf die äußeren Piezolagen 4 ist noch jeweils eine elektrisch isolierende Kopfplatte 11 und eine Fussplatte 12 aufgebracht, durch die das gesamte Piezoelement 1 nach außen hin abisoliert werden kann.

Nach Figur 3, die eine Piezofolie 20 im Zustand vor ihrer Faltung zeigt, werden in Abwandlung zur Piezofolie 2 nach der Figur 2 nur Teilbereiche der Piezofolie 20 mit Elektroden 21 und 22 versehen. Diese Elektroden 21 und 22 sind jeweils wechselseitig auf eine der gegenüberliegenden Seiten der Piezofolie 20 aufgebracht, so dass sich ebenfalls Piezolagen 4 wie anhand der Figur 1 beschrieben, ausbilden, jedoch weisen die resultierenden Innenelektroden 21 und 22 hier eine geringere Dicke auf, da sie nur durch eine einseitige Beschichtung gebildet sind.

Patentansprüche

1) Piezoelement mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen (4) mit dazwischen angeordneten Elektroden (6,7;21,22) und mit

- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Elektroden (6,7;21,22) über Außenelektroden (9,10), wobei
- die einzelnen Piezolagen (4) aus einer während der Herstellung faltbaren durchgängigen Folie (2;20) bestehen, die ganz oder teilweise mit den elektrisch leitenden Elektroden (6,7;21,22) versehen sind.

2) Piezoelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Folie (2;20) zur Herstellung der Elektroden (6,7;21,22) ganz oder teilweise metallisiert ist, dass

- die Piezolagen (2;20) durch Faltung an in vorgegebenen Abständen quer zur Faltrichtung angebrachten Kerben (5,5.1,5.2) gebildet sind, wobei die Innenelektroden (6,7;21,22) durch die nach der Faltung an der Innenseite der Kerben (5,5.1,5.2) liegenden metallisierten Schichten gebildet sind und an der Außenseite der Kerben (5,5.1,5.2) die metallisierten Schichten unterbrochen sind und dass
- die Innenelektroden (6,7;21,22) an den nach der Faltung nach außen ragenden Innenseiten der Kerben (5,5.1,5.2) mit den Außenelektroden (9,10) kontaktiert sind.

3) Piezoelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- mindestens an einer Seite der Folie (20) jeweils nur jede zweite Fläche zwischen den Kerben (5,5.1,5.2) metallisiert ist.

4) Piezoelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Außenelektroden (9,10) aus einem elektrisch leitenden Sieb oder Netz bestehen.

5) Piezoelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Außenelektroden aus Wellelektroden (9,10) bestehen.

6) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Mehrschichtaufbau der Piezolagen (4) jeweils am Ende der gefalteten Lagen mit einer elektrisch isolierenden Keramikplatte (11,12) versehen ist.

7) Piezoelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Piezoelement (1) Bestandteil eines Piezoaktor ist, der zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen heranziehbar ist.

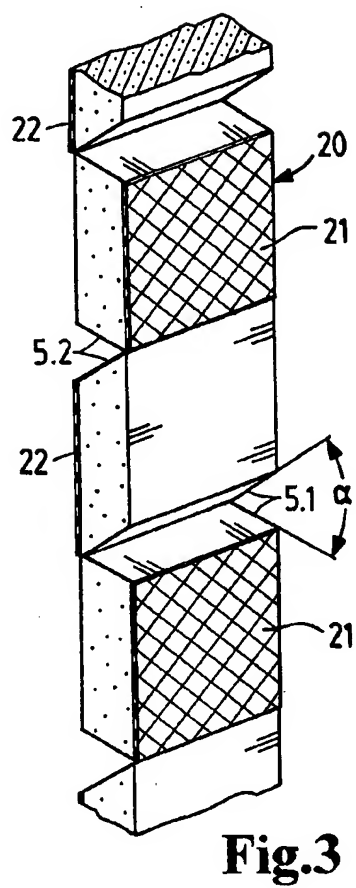
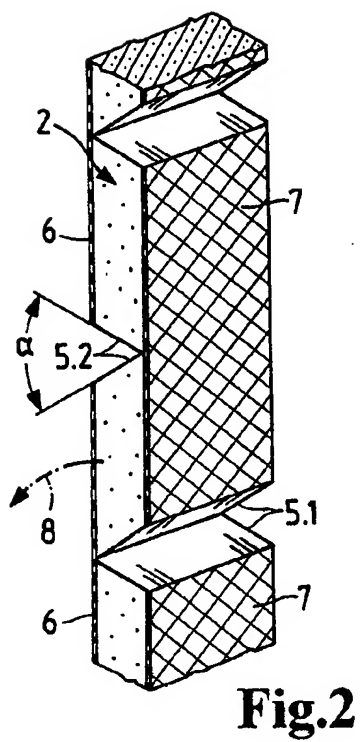
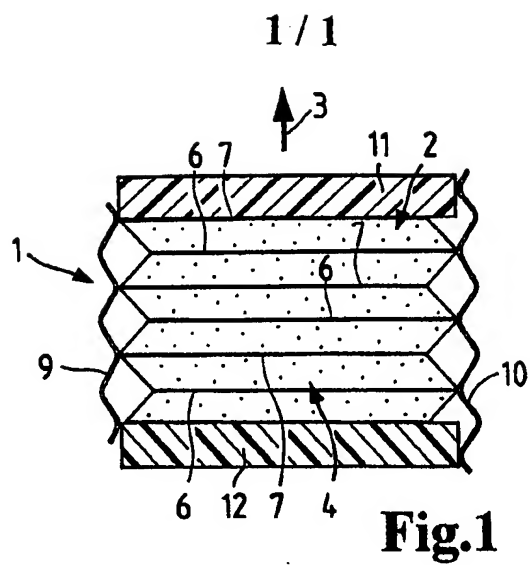
8) Verfahren zur Herstellung eines Piezoelements (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Piezofolie (2;20) in der Breite des Piezoelements (1) geschnitten und in vorgegebenen Abständen jeweils wechselseitig mit Kerben (5,5.1,5.2) versehen wird, dass
- die Piezofolie (2;20) auf beiden Seiten ganz oder teilweise metallisiert wird, dass
- die Piezofolie (2;20) an den Kerben (5,5.1,5.2), jeweils um die Innenseite der Kerbe (5,5.1,5.2) gefaltet wird und dass
- die Außenelektroden (9,10) durch Löten an die Innenelektrode (6,7;21,22) im Biegebereich, in der nach der Faltung nach außen ragenden Innenseite der Kerbe (5), aufgebracht wird.

9) Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass

- auf die äußeren Piezolagen (4) vor dem Sintern eine elektrisch isolierende Kopf- und Fußplatte (11,12) aus Piezokeramik aufgebracht wird.

BERICHTIGTES BLATT (REGEL 91)
ISA/EP



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal: Application No
PCT/DE 00/01342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L41/083 H01L41/047

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, vol. 187, November 1979 (1979-11), pages 627-628, XP002148391 ISSN 0374-4353	1
A	page 628, right-hand column; figures 2-4	5,8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14 July 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP), 17 April 1989 (1989-04-17) abstract -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP) 17 April 1989 (1989-04-17) page 2, right-hand column; figures --- -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 September 2000

Date of mailing of the international search report

17/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 661 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat'l Application No

PCT/DE 00/01342

G.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 167 740 A (TOSHIBA ELECTRIC CO) 15 January 1986 (1986-01-15) page 3, line 35 -page 8, line 2; figures 3,4	1,2,8
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document	4,5,7,8

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internal Application No

PCT/DE 00/01342

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 01097604 A	17-04-1989	NONE	
EP 0167740 A	15-01-1986	JP 61000753 A	06-01-1986
		JP 61000754 A	06-01-1986
		DE 3570123 D	15-06-1989
		US 4725994 A	16-02-1988
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A	28-05-1998
		JP 10229227 A	25-08-1998

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internes Aktenzeichen

PCT/DE 00/01342

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 H01L41/083 H01L41/047

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	LEE J K ET AL: "Multilayered piezoelectric flexure device" RESEARCH DISCLOSURE, Bd. 187, November 1979 (1979-11), Seiten 627-628, XP002148391 ISSN 0374-4353	1
A	Seite 628, rechte Spalte; Abbildungen 2-4	5,8
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 310 (M-850), 14. Juli 1989 (1989-07-14) & JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP), 17. April 1989 (1989-04-17) Zusammenfassung -& JP 01 097604 A (MITSUBISHI KASEI CORP) 17. April 1989 (1989-04-17) Seite 2, rechte Spalte; Abbildungen	1
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. September 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/10/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 167 740 A (TOSHIBA ELECTRIC CO) 15. Januar 1986 (1986-01-15) Seite 3, Zeile 35 -Seite 8, Zeile 2; Abbildungen 3,4	1,2,8
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument	4,5,7,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat. Aktenzeichen

PCT/DE 00/01342

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 01097604 A	17-04-1989	KEINE	
EP 0167740 A	15-01-1986	JP 61000753 A	06-01-1986
		JP 61000754 A	06-01-1986
		DE 3570123 D	15-06-1989
		US 4725994 A	16-02-1988
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A	28-05-1998
		JP 10229227 A	25-08-1998

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)

DERWENT-ACC-NO: 2001-182491
DERWENT-WEEK: 200209
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Piezoelectric actuator e.g for fuel injection valve in motor vehicle,
has mesh outer electrode in contact with inner electrodes, and expansion regions between contact points

INVENTOR: HEINZ, R

PATENT-ASSIGNEE: BOSCH GMBH ROBERT[BOSC]

PRIORITY-DATA: 1999DE-1028189 (June 19, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES
MAIN-IPC			
KR 2001072483	July 31, 2001	N/A	000 H01L
041/08			
A	December 28, 2000	G	021 H01L
041/047			
<u>WO 200079607</u>	January 11, 2001	N/A	000
H01L 041/047			
A1	June 27, 2001	G	000 H01L
041/047			
DE 19928189 A1	August 15, 2001	N/A	000
H01L 041/047			
EP 1110249 A1			
CZ 200100576			
A3			

DESIGNATED-STATES: CZ JP KR US AT BE CH CY DE DK ES FI
FR GB GR IE IT LU MC NL P

T SE AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT
SE

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
KR2001072483A	N/A	2001KR-0701906
February 14, 2001		
WO	N/A	2000WO-DE01718
2000		May 26,
200079607A1	N/A	1999DE-1028189
1999		June 19,
DE 19928189A1	N/A	2000EP-0945569
2000		May 26,
EP 1110249A1	N/A	2000WO-DE01718
26, 2000		May
EP 1110249A1	Based on	WO 200079607
EP 1110249A1	N/A	2000WO-DE01718
26, 2000		May
CZ	N/A	2001CZ-0000576
200100576A3	Based on	WO 200079607
CZ		N/A
200100576A3		
CZ		
200100576A3		

INT-CL (IPC): H01L041/047; H01L041/08 ; H01L041/083 ;
H01L041/09 ;
H02N002/00

ABSTRACTED-PUB-NO: WO 200079607A

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - The actuator has a multilayer structure of piezo layers and intermediate inner electrodes (2,3) with alternating lateral contacting of the inner electrodes by outer electrodes (6,7) carrying an electric voltage. An outer electrode (7) in mesh form is distributed over one

side, contacts the inner electrodes at points with expansion regions between the contact points (8).

USE - E.g. for actuating a mechanical component such as a fuel injection valve in motor vehicle.

ADVANTAGE - Cracks caused by delamination are prevented.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic sectional representation of a piezo actuator

inner electrodes 2,3

outer electrodes 6,7

contact points 8

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/13

TITLE-TERMS:

PIEZOELECTRIC ACTUATE FUEL INJECTION VALVE MOTOR
VEHICLE MESH OUTER ELECTRODE
CONTACT INNER ELECTRODE EXPAND REGION CONTACT
POINT

DERWENT-CLASS: V06 X22

EPI-CODES: V06-M06D; V06-U03; X22-A02A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-130310

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2000 (28.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/79607 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01L 41/047, 41/083 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, D-71272 Renningen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01718 (81) Bestimmungsstaaten (national): CZ, JP, KR, US.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 26. Mai 2000 (26.05.2000) (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 28 189.0 19. Juni 1999 (19.06.1999) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).

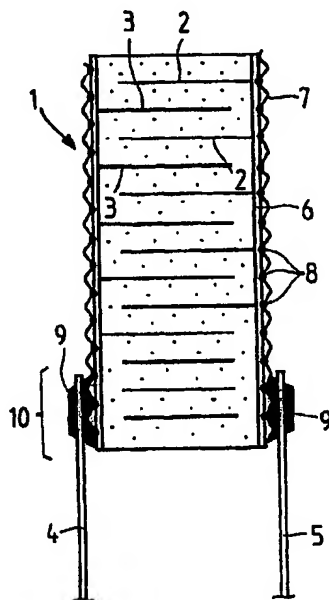
Veröffentlicht:

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR WITH IMPROVED ELECTRODE CONNECTIONS

(54) Bezeichnung: PIEZOAKTOR MIT VERBESSERTEN ELEKTRODENANSCHLÜSSEN



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric actuator, for example for actuating a mechanical component. The inventive piezoelectric actuator comprises a multi-layer structure of piezoelectric layers and inner electrodes (2, 3) that are interposed between said layers. A first outer electrode (6) is mounted on each lateral face that is connected to the respective inner electrodes (2, 3) and represents a conductive surface. An elastic contact which supplies an electric voltage is connected to a second mesh- or tissue-type outer electrode (7) via connections (4, 5, 15). Said outer electrode is located on the first outer electrode (6). The second outer electrode contact is connected at least in some points to the first outer contact (6) and is provided with elastic sections in the area of the contact surfaces or points (8, 14; 17). The connections are connected to one another either by a soldering contact (9) on an inactive zone (10) of the piezoelectric actuator or via a contact to elastic folded sections (11) or by point contacts (14, 17) by means of an undulated or comb-shaped wire (15).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils, vorgeschlagen, der einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2, 3) aufweist. Eine erste Aussenelektrode (6) ist als eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2, 3) kontaktiert ist. Eine elastische Kontaktierung zur Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt über Anschlüsse (4, 5, 15) an eine zweite netz- oder gewebeartige Aussenelektrode (7), die auf der ersten (6) angeordnet ist. Die zweite Aussenelektrode ist zumindest punktwise mit der ersten (6) kontaktiert und weist ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder -punkte (8; 14; 17) dehnbare Bereiche auf. Die Kontaktierung der Anschlüsse erfolgt entweder durch einen Lötkontakt (9) an einer inaktiven Region (10) des Piezoaktors, über einen Kontakt an elastischen Falzbereichen (11) oder durch punktförmige Kontakte (14, 17) mittels eines gewellten oder kammförmigen Drahtes (15).

WO 00/79607 A1

-1-

PIEZOAKTOR MIT VERBESSERTEN ELEKTRODENANSCHLÜSSEN

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Piezoaktor, beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist allgemein bekannt, dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts ein Piezoelement aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden kann. Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Anlagebereiche der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Der Aufbau dieses Piezoaktors kann hier in mehreren Schichten erfolgen

-2-

(Multilayer-Aktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden.

Solche Piezoaktoren könne beispielsweise für den Antrieb von Schaltventilen bei Kraftstoffeinspritzsystemen in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden. Beim Betrieb des Piezoaktors ist hier insbesondere darauf zu achten, dass durch mechanische Spannungen im Lagenaufbau auch keine störenden Rissbildungen im Bereich der äußeren Anschlusselektroden entstehen. Da die jeweils an einer Seite kontaktierten Innenelektroden kammartig in den Lagenaufbau integriert sind, müssen die in Richtung des Lagenaufbaus aufeinanderfolgenden Elektroden jeweils abwechseln an gegenüberliegenden Seiten kontaktiert werden. Bei einer Betätigung des Piezoaktors, d.h. bei Anlage einer Spannung zwischen den im Lagenaufbau gegenüberliegenden Innenelektroden treten unterschiedliche mechanische Kräfte im Bereich der Innenelektroden sowie im Bereich der Kontaktierungen an den Außenelektroden auf, die zu mechanischen Spannungen und dadurch zu Rissen in den Außenelektroden führen können.

Vorteile der Erfindung

Der eingangs beschriebene Piezoaktor, der beispielsweise zur Betätigung eines mechanischen Bauteils verwendbar sein kann, ist in vorteilhafter Weise mit dadurch weitergebildet, dass mindestens eine Schicht der jeweilige Außenelektrode netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebaut und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Zwischen den Kontaktierungen liegt hierbei jeweils ein dehnbarer Bereich und die Zuführung der elektrischen Spannung

-3-

erfolgt über Anschlüsse, die ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder zwischen den Kontaktierungspunkten dehnbare Bereiche aufweisen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist als eine erste Schicht der Außenelektrode beispielsweise eine Metallfläche auf jeweils einer Seitenfläche angeordnet, die mit den jeweiligen Innenelektroden kontaktiert ist. Die netz- oder gewebeartige Schicht als zweite Außenelektrode ist dann über der ersten Schicht angeordnet, wobei diese zumindest punktwise mit der ersten Schicht kontaktiert ist und wobei hier ebenfalls zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt. Die Zuführung der elektrischen Spannung erfolgt dann auch hier über Anschlüsse an der zweiten Außenelektrode, die ebenfalls im Bereich der Kontaktfläche oder zwischen den Kontaktpunkten dehnbare Bereiche aufweisen.

Die netz- oder gewebeartige Außenelektroden dienen zur Vermeidung von Querrissen, die von den Innenelektroden durch Delamination, wie eingangs erwähnt, auftreten können. Die netz- oder gewebeartigen Außenelektroden können dabei in vorteilhafter Weise nur punktuell angelötet sein, damit keine großen Schubspannungen bei der Dehnung des Piezoaktors in den Außenelektroden entstehen, was das Abreißen der Elektroden zur Folge haben kann.

Bei einer weitergebildeten Ausführungsform können die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Lötkontakt erfolgen, der an einem Bereich des Lagenaufbaus des Piezoaktors angeordnet ist, der dadurch, dass die Innenelektroden nicht bis an den Rand des Piezoaktors geführt sind, keine aktive Längsdehnung aufweist.

Bei einer anderen Ausführungsform können die Anschlüsse für die elektrische Spannung in vorteilhafter Weise über einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich

an einem Falzbereich der netz- oder gewebeartigen Außenelektrode befindet. Möglich ist hierbei, dass die Anschlüsse über einen flachen Draht erfolgen, der innen im Falzbereich angeordnet ist.

Weiterhin ist es möglich, dass die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Draht erfolgen, der linienförmig an dem sich über die ganze Länge des Piezoaktors erstreckenden Falzbereich angeordnet ist oder auch über einen seitlich oder senkrecht gewellten Draht und einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich punktweise an der gewebeartigen Außenelektrode befindet.

Ferner können die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils auch über eine Kammelektrode und einen Löt- oder Schweißkontakt erfolgen, der sich punktweise an den vorzugsweise elastischen Kämmen und der zweiten Außenelektrode befindet.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Piezoaktors werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Schnitt durch einen Piezoaktor mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus Pizokeramik und

-5-

Innenelektroden sowie einer netzartigen Außenelektrode auf einer ersten flächigen Außenelektrode;

Figur 2 eine Draufsicht auf die netzartige Außenelektrode nach der Figur 1 mit den Anschlüssen für eine elektrische Spannung;

Figur 3 einen Detailschnitt durch den Lagenaufbau im Bereich der elektrischen Anschlüsse;

Figur 4 eine Abwandlung des Beispiels nach der Figur 3 mit auf dem Falzbereich liegenden elektrischen Anschlüssen;

Figur 5 eine Abwandlung des Beispiels nach der Figur 4 mit einem in den Falzbereich gelegten Anschlussdraht;

Figur 6 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode durch Bügellöten mit der ersten Außenelektrode verbunden wird;

Figur 7 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode durch Crimpen mit dem Anschlussdraht verbunden wird;

Figur 8 ein Ausführungsbeispiel bei dem die netzartige Außenelektrode auf der gesamten Länge des Piezoaktors durch Bügellöten oder Crimpen an einem Falzbereich mit dem Anschlussdraht verbunden wird;

Figuren 9, 10 und 11 jeweils Ansichten eines gewellten Anschlussdrahtes für die elektrischen Anschlüsse und

Figuren 12 und 13 zwei Ansichten eines kammartigen elektrischen Anschlussdrahtes.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein Piezoaktor 1 gezeigt, der in an sich bekannter Weise aus Piezofolien eines Keramikmaterials mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut ist, so dass unter Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an Innenelektroden 2 und 3 über elektrische Anschlüsse 4 und 5 eine mechanische Reaktion des Piezoaktors 1 erfolgt. Aus Figur 2 ist eine Seitenansicht dieser Anordnung und aus Figur 3 ist ein Schnitt im Bereich der Anschlussdrähte 4 und 5 zu entnehmen.

Mit den Innenelektroden 2 und 3 steht eine erste flächige Außenelektrode 6 in Kontakt, die wiederum mit einer zweiten netzartigen Außenelektrode 7 über Punktkontakte 8, beispielsweise durch Löten oder Schweißen, kontaktiert ist. Die erste Außenelektrode 6 kann eine dünne, z.B. einige μm dicke, Schicht aus Ni, Ni+Cu oder Ni+PbSn sein, die direkt auf der Oberfläche des Piezoaktors 1 haftet. Die Anschlussdrähte 4 und 5 sind mit der netzartigen Außenelektrode 7 an einer Kontaktstelle 9 durch Löten oder Schweißen verbunden. Zur Vermeidung des Abreißens der Lötstelle 9 ist im Piezoaktor 1 nach der Figur 1 eine passiver Fußbereich 10 vorgesehen, bei dem die Innenelektroden 2 und 3 nicht bis zu den Außenelektroden 6 und 7 geführt sind und daher keine mechanischen Reaktionen aufgrund des Piezoeffekts auftreten. Die in der Beschreibungseinleitung erwähnten Nachteile durch eine ev. Rissbildung sind dadurch in dem Fußbereich 10 vermieden.

Aus Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel zu entnehmen, bei dem ein Bereich der Außenelektrode 7 zur Befestigung des Anschlussdrahtes 4 oder 5 gefalzt ist und dadurch eine Versteifung an der Lötstelle 9 und damit eine Rissbildung

-7-

vermieden ist. Man erhält somit über eine Höhe h einen elastischen Falzbereich 11 in dem der Piezoaktor 1 sich dehnen kann ohne dass der versteifende Anschlussdraht 4 oder 5 diese behindert. Vorteilhaft wäre hier insbesondere das Anschweißen des Anschlussdrahtes 4 oder 5, da somit kein Lot über die Strecke h fließen kann, was andernfalls zu einer Versteifung führen könnte. Ein passiver Fußbereich, wie anhand der Figuren 1 bis 3 vorgesehen, kann hier entfallen.

Bei der in Figur 5 gezeigten Abwandlung der Ausführungsform nach der Figur 4 ist der jeweilige Anschlussdraht 4 oder 5 im Inneren des Falzbereichs 11 angeschweißt.

Nach dem Ausführungsbeispiel aus Figur 6 ist ein flacher, innen angeschweißter Anschlussdraht 4 oder 5 vorgesehen, der es durch seine geringe Breite ermöglicht, mit Heizplatten 12 ein Bügellöten der netzartigen Außenelektrode auf der ersten Außenelektrode durchzuführen.

Aus Figur 7 ist eine Ausführungsform zu entnehmen, bei der der jeweilige Anschlussdraht 4 oder 5 eine über den Falzbereich 11 gelegte gecrimpte Schiene 13 ist.

Figur 8 zeigt eine Abwandlung der Befestigung der Anschlussdrähte 4 und 5, bei der ein durchgehender Draht über die gesamte Länge des Piezoaktors 1 geführt ist. Bei einem lokalen Löten oder Schweißen an der Falzstelle 11 ist das Auftreten von Ermüdungsrissen zwischen den Drähten 4 oder 5 und der jeweiligen Außenelektrode 7 auch hier vermindert.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 9 und Figur 10 sind die Anschlussdrähte 4 und 5 gewellt, so dass hierdurch eine Dehnbehinderung der Außenelektrode 7 verringert ist. Die Drähte 4 und 5 werden in Längsrichtung des Piezoaktors 1 an mehreren, kleinen Stellen 14 angeschweißt oder

angelötet. Die Drähte 4 und 5 sind nach der Figur 9 und 10 senkrecht zur Ebene der Außenelektrode 7 gewellt, so dass hier auch das anhand der Figur 6 erwähnte Bügellöten zur Anlötung der netzartigen Außenelektrode 7 an den Piezoaktor 1 bzw. an die erste flächige Außenelektrode 6 ohne große Behinderung möglich ist. Der vorher an die Außenelektrode 7 angeschweißte Draht 4 oder 5 kann als Halterung und zur Zentrierung beim Bügellöten herangezogen werden.

Einen flach auf die netzartige Außenelektrode 7 aufgelöteten oder aufgeschweißten gewellten Anschlussdraht 4 oder 5 zeigt Figur 11. Hier ist auch eine punktweise Kontaktierung an Stellen 14 vorgenommen, wodurch die Dehnfähigkeit der Außenelektrode 7 nicht behindert wird. Das Bügellöten der Außenelektrode kann auch hier durchgeführt werden, am einfachsten wenn der jeweilige Anschlussdraht 4 oder 5 erst danach aufgebracht wird.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt Figur 12 und 13, bei dem jeweils eine Sonderform eines Anschlussdrahtes 15 angebracht wird, bei dem elastische Füße 16 vorhanden sind, die sich kammartig zu Kontaktstellen 17 erstrecken, an denen sie an die jeweilige Außenelektrode 7 angelötet oder angeschweißt werden.

Patentansprüche

1) Piezoaktor, mit

- einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen und dazwischen angeordneten Innenelektroden (2,3),
- einer wechselseitigen seitlichen Kontaktierung der Innenelektroden (2,3) über Außenelektroden (6,7), über die eine elektrische Spannung zuführbar ist, wobei
- eine Außenelektrode (7) netz- oder gewebeartig auf jeweils einer Seitenfläche verteilt aufgebracht ist und zumindest punktwise mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und zwischen den Kontaktierungen ein dehnbarer Bereich zu liegen kommt und wobei
- die Zuführung der elektrischen Spannung über Anschlüsse (4,5;13;15) erfolgt, die ebenfalls zwischen den Bereichen der Kontaktfläche oder -punkte (8;14;17) dehnbare Bereiche aufweisen und/oder die an elastischen Falzbereichen (11) liegen.

-10-

2) Piezoaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- als eine erste Außenelektrode (6) eine leitende Fläche auf jeweils einer Seitenfläche angebracht ist, die mit den jeweiligen Innenelektroden (2,3) kontaktiert ist und die zweite netz- oder gewebeartige Außenelektrode (7) auf der ersten (6) angeordnet ist, wobei die zweite Außenelektrode zumindest punktwise mit der ersten (6) kontaktiert ist und wobei zwischen den Kontaktierungen (8;14;17) der dehnbare Bereich zu liegen kommt.

3) Piezoaktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse (4,5) für die elektrische Spannung über einen Lötkontakt (9) erfolgen, der an einem Bereich (10) des Lagenaufbaus des Piezoaktors (1) angeordnet ist, der dadurch, dass die Innenelektroden (2,3) nicht bis an den Rand des Piezoaktors (1) geführt sind, nahezu keine Längsdehnung aufweist.

4) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse (4,5;13) für die elektrische Spannung über einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt erfolgen, der sich an dem Falzbereich (11) der zweiten Außenelektrode (7) befindet.

-11-

5) Piezoaktor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen flachen Draht (4,5) erfolgen, der innen im Falzbereich (11) angeordnet ist.

6) Piezoaktor nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung über einen Draht (4,5) erfolgen, der sich über einen, über die ganze Länge des Piezoaktors (1) erstreckenden Falzbereich (11) erstreckt.

7) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils über einen seitlich oder senkrecht gewellten Draht (4,5) und einen Löt-, Schweiß- oder Crimpkontakt (14) erfolgen, der punktweise an der zweiten Außenelektrode (7) angeordnet ist.

8) Piezoaktor nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anschlüsse für die elektrische Spannung jeweils über einen kammartigen Draht (15) und einen Löt- oder Schweißkontakt (17) erfolgen, der sich jeweils an den elastischen Kämmen (16) und der zweiten Außenelektrode (7) befindet.

1 / 3

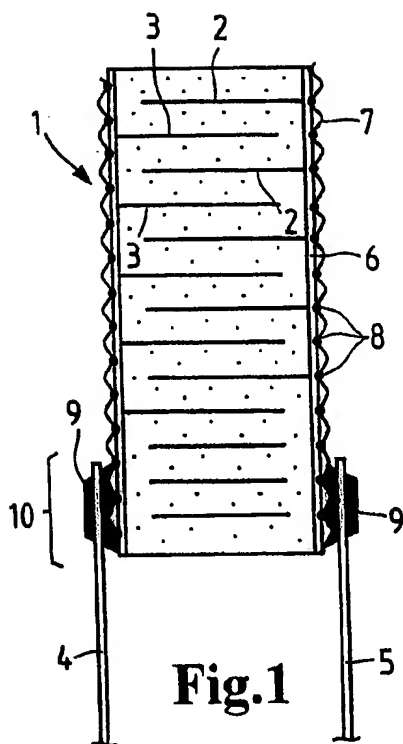


Fig. 1

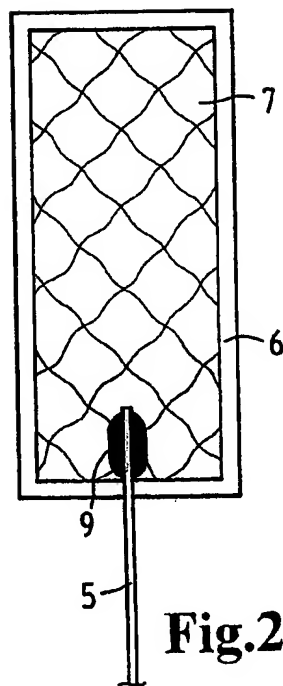


Fig. 2

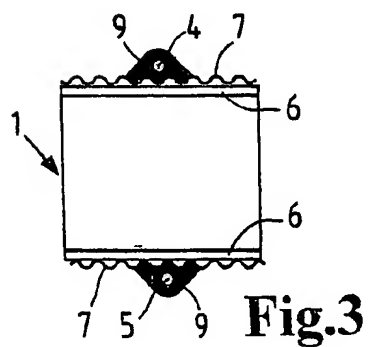


Fig. 3

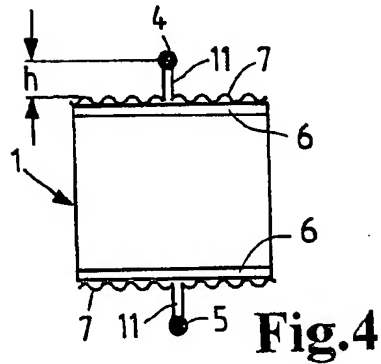


Fig. 4

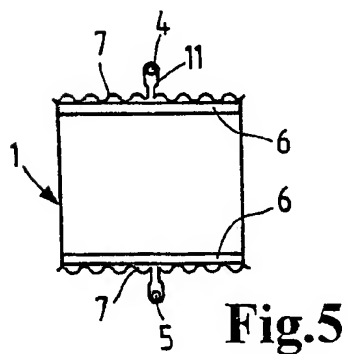


Fig. 5

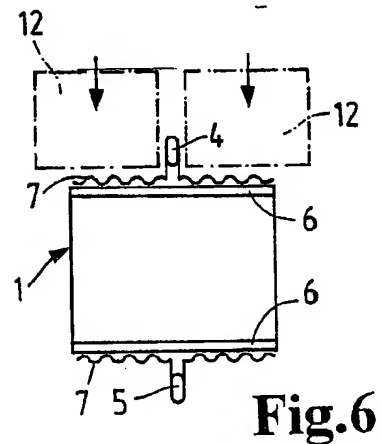


Fig. 6

2 / 3

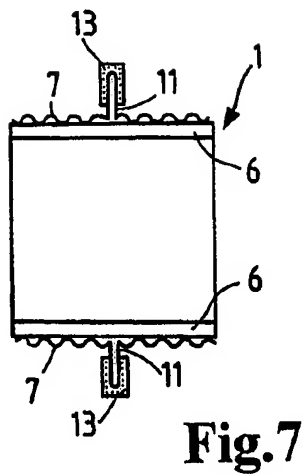


Fig. 7

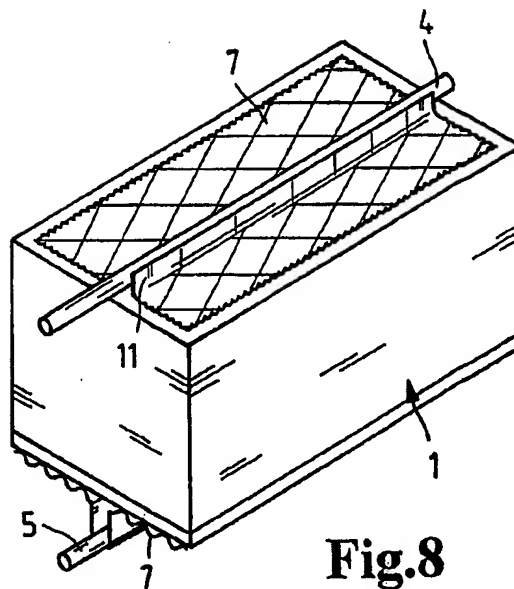


Fig. 8

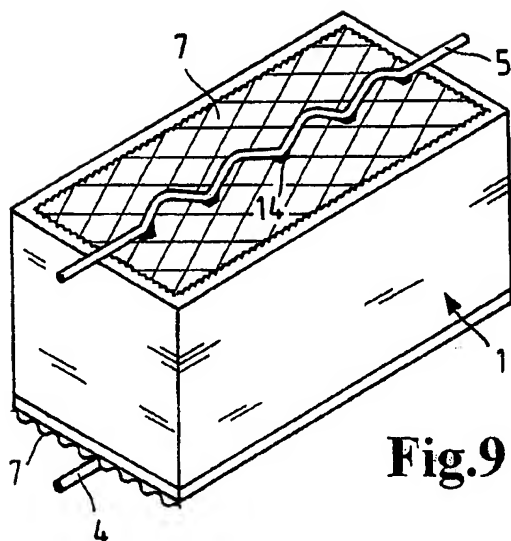


Fig. 9

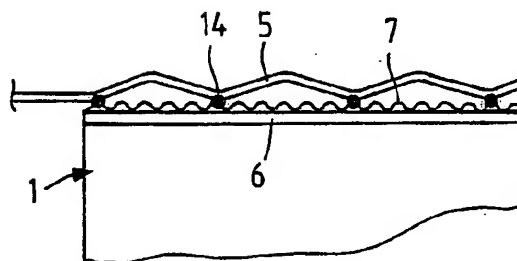


Fig. 10

3 / 3

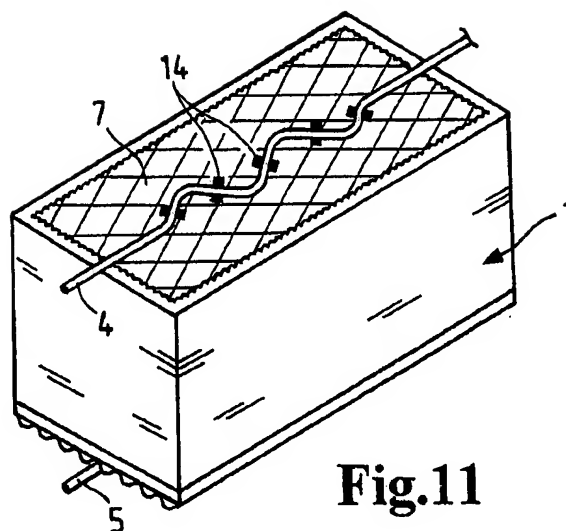


Fig.11

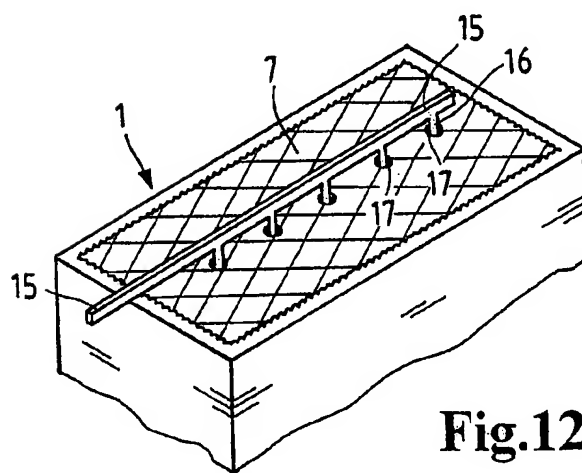


Fig.12

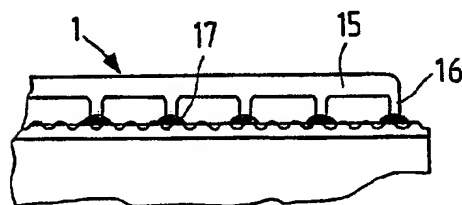


Fig.13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/01718

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L41/047 H01L41/083

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27 May 1998 (1998-05-27) the whole document ---	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 01, 29 January 1999 (1999-01-29) & JP 10 284763 A (CHICHIBU ONODA CEMENT CORP), 23 October 1998 (1998-10-23) abstract -& JP 10 284763 A (CHICHIBU ONODA CEMENT CORP) 23 October 1998 (1998-10-23) paragraph '0019! - paragraph '0023!; figure 3 --- -/--	1,2

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 October 2000

Date of mailing of the international search report

25/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/01718

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 127 (E-501), 21 April 1987 (1987-04-21) & JP 61 272984 A (NEC CORP), 3 December 1986 (1986-12-03) abstract</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1,3
A	<p>DE 197 15 488 C (SIEMENS AG) 25 June 1998 (1998-06-25) column 1, line 3 -column 4, line 41; figures 1-3</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1,4-6
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 264 (E-282), 4 December 1984 (1984-12-04) & JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC), 4 August 1984 (1984-08-04) abstract -& JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC) 4 August 1984 (1984-08-04) figures 1,5</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1,7,8
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31 January 1997 (1997-01-31) & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13 September 1996 (1996-09-13) abstract -& JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD) 13 September 1996 (1996-09-13) figures</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

page 2 of 2

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/01718

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
JP 10284763 A	23-10-1998	NONE	
JP 61272984 A	03-12-1986	NONE	
DE 19715488 C	25-06-1998	WO 9847187 A EP 0976165 A	22-10-1998 02-02-2000
JP 59135784 A	04-08-1984	NONE	
JP 08236828 A	13-09-1996	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. Nationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01718

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01L41/047 H01L41/083

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG) 27. Mai 1998 (1998-05-27) das ganze Dokument	1,2
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 01, 29. Januar 1999 (1999-01-29) & JP 10 284763 A (CHICHIBU ONODA CEMENT CORP), 23. Oktober 1998 (1998-10-23) Zusammenfassung -& JP 10 284763 A (CHICHIBU ONODA CEMENT CORP) 23. Oktober 1998 (1998-10-23) Absatz '0019! - Absatz '0023!; Abbildung 3	1,2



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Oktober 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/10/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

I. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01718

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 127 (E-501), 21. April 1987 (1987-04-21) & JP 61 272984 A (NEC CORP), 3. Dezember 1986 (1986-12-03) Zusammenfassung ----	1,3
A	DE 197 15 488 C (SIEMENS AG) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Spalte 1, Zeile 3 -Spalte 4, Zeile 41; Abbildungen 1-3 ----	1,4-6
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no. 264 (E-282), 4. Dezember 1984 (1984-12-04) & JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC), 4. August 1984 (1984-08-04) Zusammenfassung -& JP 59 135784 A (NIPPON SOKEN INC) 4. August 1984 (1984-08-04) Abbildungen 1,5 ----	1,7,8
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 01, 31. Januar 1997 (1997-01-31) & JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD), 13. September 1996 (1996-09-13) Zusammenfassung -& JP 08 236828 A (NIPPONDENSO CO LTD) 13. September 1996 (1996-09-13) Abbildungen -----	1

Formblatt PCT/ISA/210 (Fortsetzung von Blatt 2) (Juli 1992)

Seite 2 von 2

03/23/2002, EAST Version: 1.03.0002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/01718

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
JP 10284763 A	23-10-1998	KEINE	
JP 61272984 A	03-12-1986	KEINE	
DE 19715488 C	25-06-1998	WO 9847187 A EP 0976165 A	22-10-1998 02-02-2000
JP 59135784 A	04-08-1984	KEINE	
JP 08236828 A	13-09-1996	KEINE	

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Juli 1992)